

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL



**Desenvolvimento de heurísticas para o planeamento de cirurgias  
electivas num hospital público**

Carolina Martins Gonçalves

**Mestrado em Estatística e Investigação Operacional**  
Especialização em Investigação Operacional

Dissertação orientada por:  
Professora Doutora Maria Eugénia Vasconcelos Captivo

2019



## Agradecimentos

Se não existissem pessoas que acreditam em mim, me motivam e contribuem para a minha felicidade, as minhas conquistas seriam muito mais difíceis.

Um grande obrigada à minha orientadora, a Professora Doutora Maria Eugénia Vasconcelos Captivo, pelos conselhos e por me mostrar que tudo é possível com esforço e persistência.

Devo um agradecimento especial a todos os que tornaram este processo mais simples: em particular, gratulo as minhas amigas Katlene, Susana e Soraia, a minha irmã, o Samuel, a Margarida, a Mafalda, o Henrique e a Joana.

Agradeço a todos os meus amigos por serem o meu grande apoio, destacando os meus irmãos, a Soraia, a Susana e a Vera por nunca me falharem e, por fim, gratifico toda a gente que melhora os meus dias.



# Resumo

O crescente aumento do número de cirurgias em lista de espera, nos hospitais públicos, levou a um elevado tempo de espera por parte dos utentes e, consequentemente, à incapacidade do cumprimento dos prazos cirúrgicos, por parte dos hospitais.

O presente trabalho pretende contribuir para um melhor planeamento da marcação das cirurgias electivas, a realizar no Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN), com o objectivo de diminuir o tempo de espera dos inscritos para cirurgia.

O Ministério da Saúde definiu metas e objectivos para a produção cirúrgica que, actualmente, não estão a ser respeitados pelo Centro Hospitalar Lisboa Norte, devido à dimensão elevada das listas de espera e à inexistência dum sistema eficiente de marcação de cirurgias electivas.

O desenvolvimento da heurística com duas fases (construtiva e de melhoramento) tem como finalidade um dos grandes objectivos do Serviço Nacional de Saúde (SNS): a diminuição das listas de espera.

Em ambas as etapas, os utentes são seleccionados por ordem decrescente de prioridade e de antiguidade (critérios de equidade), regra estipulada pelo Sistema Integrado de Gestão de Inscritos para Cirurgia (SIGIC), e afectos a um bloco, uma sala e um dia do horizonte temporal de planeamento.

Na fase construtiva da heurística, agenda-se o maior número possível de utentes em Lista de Inscritos para Cirurgia (LIC) e, na fase de melhoramento, reorganizam-se as intervenções cirúrgicas seleccionadas pela construtiva, por forma a permitir a inclusão de mais cirurgias. São, também, realizadas trocas entre cirurgias do plano e cirurgias em LIC, com o objectivo de aumentar o número de cirurgias no plano.

A heurística é testada com dados reais do CHLN e é apresentada uma análise dos resultados de tais testes.

Para facilitar a realização do agendamento semanal foi criada uma interface que, de forma bastante simples, sugere uma agenda cirúrgica semanal.

**Palavras-chave:** Investigação operacional nos serviços de saúde, Agendamento semanal de cirurgias eletivas, Bloco operatório, Heurística, Pesquisa local, Interface



# Abstract

The increasing growth in the number of surgeries in public hospitals' waiting lists results in an increase in the time that patients have to wait for their surgery and, consequently, in an inability for the hospitals to fulfill surgical deadlines.

This work's aim is to contribute for a better planning for elective surgical appointments in Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN). The goal of such planning is to decrease the waiting time for the people who are registered for a surgery.

Some of the goals appointed by the portuguese Ministry of Health concerning surgeries are not currently being fulfilled by Centro Hospitalar Lisboa Norte, due to the huge waiting lists, as well as the lack of an efficient system to appoint elective surgeries.

In this work, we propose a two-phase heuristic (phase one - construction and phase two - improvement), which aims to achieve one of the Portuguese National Health Service - SNS biggest goals: a decrease in waiting lists.

In both phases, patients are chosen based on two criteria: a priority order and an antiquity order which allow us to make our choice in a most equitable way. This rule was defined by Sistema Integrado de Gestão de Inscritos para Cirurgia (SIGIC). The chosen patients are then assigned to a room and day in the time horizon we are planning for.

In the construction phase, we schedule surgeries for the largest possible number of patients from the surgery waiting list. Then, in the improvement phase, we rearrange the surgeries so we can include even more surgeries in our plan. In this phase, we also allow changing a surgery from the plan for one still in the waiting list, if by doing so we can increase the number of surgeries in the plan.

This heuristic is tested using a set of data provided by CHLN and we present an analysis on the results of such tests.

Finally, in order to simplify the weekly surgery appointment, we have created an interface that suggests a way to organize surgeries for a week.

**Keywords:** Operations research in healthcare services, Weekly planning for elective surgeries, Operating theater, Heuristic, Local Search, Interface





# Índice

|                                                                    |             |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Lista de Figuras</b>                                            | <b>ix</b>   |
| <b>Lista de Tabelas</b>                                            | <b>xi</b>   |
| <b>Lista de Algoritmos</b>                                         | <b>xiii</b> |
| <b>1 Introdução</b>                                                | <b>1</b>    |
| <b>2 Revisão de Literatura</b>                                     | <b>5</b>    |
| 2.1 Nível Estratégico . . . . .                                    | 6           |
| 2.2 Nível Tático . . . . .                                         | 7           |
| 2.3 Nível Operacional . . . . .                                    | 9           |
| 2.3.1 <i>Advanced scheduling</i> . . . . .                         | 10          |
| 2.3.2 <i>Allocation scheduling</i> . . . . .                       | 11          |
| 2.4 Integração de Níveis de Decisão . . . . .                      | 11          |
| <b>3 Problema em Estudo</b>                                        | <b>13</b>   |
| 3.1 Descrição do Problema . . . . .                                | 13          |
| 3.2 Análise de Dados . . . . .                                     | 16          |
| 3.2.1 Registo Histórico . . . . .                                  | 16          |
| 3.2.2 Listas de Espera . . . . .                                   | 21          |
| <b>4 Heurística Desenvolvida</b>                                   | <b>25</b>   |
| 4.1 Metodologia de Resolução . . . . .                             | 25          |
| 4.2 Fase Construtiva . . . . .                                     | 27          |
| 4.3 Fase de Melhoramento . . . . .                                 | 30          |
| <b>5 Resultados Computacionais</b>                                 | <b>37</b>   |
| 5.1 Resultados obtidos para a LIC1 . . . . .                       | 38          |
| 5.1.1 Heurística vs Hospital . . . . .                             | 39          |
| 5.1.2 Heurística vs Modelo em Programação Linear Inteira . . . . . | 42          |
| 5.2 Resultados obtidos para a LIC2 . . . . .                       | 44          |
| 5.2.1 Heurística vs Hospital . . . . .                             | 44          |
| 5.2.2 Heurística vs Modelo em Programação Linear Inteira . . . . . | 47          |
| 5.3 Dimensão das listas de espera . . . . .                        | 49          |

|          |                                               |           |
|----------|-----------------------------------------------|-----------|
| 5.4      | Conclusões . . . . .                          | 51        |
| <b>6</b> | <b>Interface</b>                              | <b>53</b> |
| 6.1      | Estrutura da Interface . . . . .              | 53        |
| 6.2      | Execução da Heurística Desenvolvida . . . . . | 57        |
| 6.3      | Mensagens de erro e de aviso . . . . .        | 60        |
| 6.4      | Visualização dos Resultados . . . . .         | 61        |
| <b>7</b> | <b>Conclusões e Trabalho Futuro</b>           | <b>63</b> |
| 7.1      | Conclusões . . . . .                          | 63        |
| 7.2      | Trabalho Futuro . . . . .                     | 64        |
|          | <b>Referências</b>                            | <b>65</b> |

# Lista de Figuras

|      |                                                                                                         |    |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1  | Exemplo de uma troca entre duas cirurgias marcadas em blocos de tempo diferentes no mesmo dia . . . . . | 31 |
| 4.2  | Exemplo de uma troca entre duas cirurgias marcadas em blocos de tempo de dias diferentes . . . . .      | 33 |
| 4.3  | Exemplo de uma troca de uma cirurgia marcada por duas cirurgias em LIC . . .                            | 35 |
| 6.1  | Executável . . . . .                                                                                    | 53 |
| 6.2  | Interface aberta na Sexta-feira 29-01-2016 . . . . .                                                    | 54 |
| 6.3  | Seleção dos ficheiros . . . . .                                                                         | 54 |
| 6.4  | 1º dia de planeamento . . . . .                                                                         | 55 |
| 6.5  | Há feriado(s) nessa semana?/Feriado(s) . . . . .                                                        | 56 |
| 6.6  | Minutos de limpeza . . . . .                                                                            | 56 |
| 6.7  | Especialidade(s) a planear . . . . .                                                                    | 57 |
| 6.8  | Objectivo a maximizar . . . . .                                                                         | 57 |
| 6.9  | Exemplo de LIC . . . . .                                                                                | 58 |
| 6.10 | Exemplo de <i>MSS</i> . . . . .                                                                         | 58 |
| 6.11 | Exemplo de ESTIM . . . . .                                                                              | 58 |
| 6.12 | Exemplo de MED . . . . .                                                                                | 59 |
| 6.13 | Botão <i>Executar</i> e caixa de texto . . . . .                                                        | 59 |
| 6.14 | A <i>EXECUTAR...</i> . . . . .                                                                          | 59 |
| 6.15 | Execução concluída . . . . .                                                                            | 60 |
| 6.16 | Ausência de ficheiros . . . . .                                                                         | 60 |
| 6.17 | Data inválida . . . . .                                                                                 | 61 |
| 6.18 | Ficheiros e data errados . . . . .                                                                      | 61 |
| 6.19 | Local onde se encontra o ficheiro <i>Excel</i> com o planeamento . . . . .                              | 62 |
| 6.20 | Ficheiro <i>Excel</i> com o planeamento . . . . .                                                       | 62 |



# Lista de Tabelas

|      |                                                                                                                                 |    |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1  | Blocos operatórios em estudo . . . . .                                                                                          | 14 |
| 3.2  | Registos históricos dos anos de 2013, 2014 e 2015 . . . . .                                                                     | 18 |
| 3.3  | Registos históricos das semanas de 01-02-2016 a 05-02-2016 e de 18-04-2016 a 22-04-2016 . . . . .                               | 19 |
| 3.4  | Registo histórico dos 3 anos e 2 semanas . . . . .                                                                              | 20 |
| 3.5  | Dimensão da LIC1 e da LIC2 considerando apenas as treze especialidades em estudo                                                | 21 |
| 3.6  | Listas de espera . . . . .                                                                                                      | 22 |
| 3.7  | Níveis de prioridade . . . . .                                                                                                  | 24 |
| 4.1  | Conjuntos e índices . . . . .                                                                                                   | 26 |
| 4.2  | Subconjuntos . . . . .                                                                                                          | 26 |
| 4.3  | Parâmetros da heurística . . . . .                                                                                              | 26 |
| 4.4  | $P_c$ - Peso associado à cirurgia $c$ , tendo em conta a sua prioridade $p_c$ e o respectivo $DU_c$ . . . . .                   | 28 |
| 4.5  | $P_c$ - Peso associado à cirurgia $c$ , tendo em conta a sua prioridade $p_c$ e o respectivo $DU_c$ - Exemplo . . . . .         | 29 |
| 5.1  | $MSS1$ . . . . .                                                                                                                | 38 |
| 5.2  | Heurística vs Plano e Registo Hospitalar (Serv - LIC1) . . . . .                                                                | 39 |
| 5.3  | Heurística vs Plano e Registo Hospitalar (Prio - LIC1) . . . . .                                                                | 40 |
| 5.4  | Heurística vs Registo Hospitalar (Percentagens - LIC1) . . . . .                                                                | 41 |
| 5.5  | Heurística vs Modelo Matemático (Prio - LIC1) . . . . .                                                                         | 42 |
| 5.6  | Heurística vs Modelo Matemático (Percentagens - LIC1) . . . . .                                                                 | 43 |
| 5.7  | $MSS2$ . . . . .                                                                                                                | 44 |
| 5.8  | Heurística vs Plano e Registo Hospitalar (Serv - LIC2) . . . . .                                                                | 45 |
| 5.9  | Heurística vs Plano e Registo Hospitalar (Prio - LIC2) . . . . .                                                                | 45 |
| 5.10 | Heurística vs Registo Hospitalar (Percentagens - LIC2) . . . . .                                                                | 47 |
| 5.11 | Heurística vs Modelo Matemático (Prio - LIC2) . . . . .                                                                         | 48 |
| 5.12 | Heurística vs Modelo Matemático (Percentagens - LIC2) . . . . .                                                                 | 49 |
| 5.13 | Percentagem de diminuição da dimensão das listas de espera . . . . .                                                            | 50 |
| 5.14 | Duração média das cirurgias . . . . .                                                                                           | 51 |
| 5.15 | Número médio de dias que uma intervenção cirúrgica está em LIC após ser ultrapassado o seu TMR, por serviço cirúrgico . . . . . | 52 |

|      |                                                                                                                                   |    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.16 | Número médio de dias que uma intervenção cirúrgica está em LIC após ser ultrapassado o seu TMR, por nível de prioridade . . . . . | 52 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

# Lista de Algoritmos

|     |                                                           |    |
|-----|-----------------------------------------------------------|----|
| 4.1 | Pseudo-código da fase construtiva da heurística . . . . . | 29 |
| 4.2 | Pseudo-código da vizinhança $V^1$ . . . . .               | 30 |
| 4.3 | Pseudo-código da vizinhança $V^2$ . . . . .               | 32 |
| 4.4 | Pseudo-código da vizinhança $V^3$ . . . . .               | 34 |
| 4.5 | Heurística . . . . .                                      | 35 |





# Capítulo 1

## Introdução

A saúde é um direito de todos e, como tal, independentemente da situação sócio-económica de cada um, é necessário garantir que ninguém se encontra privado de cuidados de saúde.

Em 1979, a criação do Serviço Nacional de Saúde (SNS), em Portugal, trouxe ao Estado português a responsabilidade de proteger a saúde individual e colectiva, garantindo o direito à mesma (promoção, prevenção e vigilância) a todos os cidadãos portugueses e não apenas aos mais abastados. Antes da existência do SNS, nos séculos XIX e XX, como não havia uma rede financiada por impostos, de instituições e serviços prestadores de cuidados globais de saúde a toda a população, a assistência médica cabia às famílias, instituições privadas e aos serviços médico-sociais da Previdência.

O SNS compreende todas as instituições e serviços oficiais prestadores de cuidados de saúde, dependentes do Ministério de Saúde, nomeadamente os agrupamentos de centros de saúde, os estabelecimentos hospitalares, independentemente da sua designação, e as unidades locais de saúde.

Devido ao aumento contínuo do número de utentes a aguardar por cirurgia, consequência da incapacidade de resposta do SNS e do aumento da procura cirúrgica, foram tomadas medidas para tentar combater essa situação. Em Junho de 1992, conheceu-se, pela primeira vez, a verdadeira dimensão do problema das listas de espera: 92 mil doentes com uma média global de espera de 223 dias. A partir de 1995, foram desenvolvidos diversos programas de combate às listas de espera para cirurgia, pelos sucessivos governos: 1995 – Programa Específico de Recuperação de Listas de Espera (PERLE); 1999 – Programa de Promoção do Acesso (PPA); 2001 – Programa Especial de Combate às Listas de Espera Cirúrgicas (PECLEC); 2004 – Sistema Integrado de Gestão de Inscritos para Cirurgia (SIGIC).

O Sistema Integrado de Gestão de Inscritos para Cirurgia (SIGIC) nasceu em Junho de 2004, com o intuito de diminuir a elevada dimensão das listas de inscritos para cirurgia, e passou a gerir toda a actividade cirúrgica programada e todas as etapas do processo de gestão do paciente. Os principais objectivos do SIGIC são reduzir o tempo de espera, garantir a equidade do acesso, promover a eficiência global do sistema de optimização da gestão da LIC e dos recursos afectos e garantir a qualidade e a transparência da informação, uma vez que a existência de grandes listas de espera para cirurgia é um dos maiores impedimentos para o bom funcionamento dos sistemas de saúde actuais.

Em 2008 [1], no Programa do XII Governo Constitucional, exigiu-se uma reestruturação do Serviço Nacional de Saúde com foco no cidadão e, com a aprovação da Lei n.º 41/2007, de 24 de Agosto, especificaram-se os critérios a ser respeitados pela Carta dos Direitos de Acesso aos Cuidados de Saúde pelos Utentes do Serviço Nacional de Saúde (SNS), com o intuito de assegurar o fornecimento de cuidados de saúde através do SNS e das entidades convencionadas, num período plausível para o estado de saúde de cada paciente, informando os utentes sobre o tempo de acesso, através da publicação anual duma portaria com os tempos máximos de resposta garantidos (TMRG) para as prestações de cuidados de saúde sem carácter de urgência.

Para as intervenções cirúrgicas electivas, definiram-se, em [1] e [2], tempos máximos de resposta garantidos (TMRG) de 72 horas, 15 dias seguidos, 60 dias seguidos e 270 dias seguidos, após indicação clínica, para os níveis de prioridade 4, 3, 2 e 1, respectivamente.

Em Portugal, o sector da saúde foi pioneiro na criação de Parcerias Público-Privadas (PPP), isto é, no estabelecimento de contratos de execução duradoura celebrada entre uma entidade pública e uma entidade privada, com a finalidade da prestação dum serviço ou infra-estrutura pública, havendo transferência de riscos do público para o privado. O investimento e exploração destas unidades é privado, no entanto, como hospitais integrados no SNS, o acesso aos serviços clínicos é igual àquele que se encontra disponível nas restantes unidades hospitalares do sector público.

Este trabalho, em parceria com o CHLN, tem como finalidade o desenvolvimento e a implementação de uma heurística que auxilie os decisores, do centro hospitalar, no processo de marcação de cirurgias electivas, respeitando as metas e os objectivos impostos pelo Ministério da Saúde no que diz respeito à produção cirúrgica, permitindo a redução da lista de inscritos para cirurgia. A existência de um *Master Surgery Schedule (MSS)* predeterminado que afecta cada sala cirúrgica a uma especialidade e a um horário particular, em cada dia da semana, faz com que o problema de planeamento de cirurgias electivas a resolver, nesta dissertação, consista em escolher quais dos pacientes em lista de espera devem ser operados, em cada dia da semana e em cada sala cirúrgica de cada bloco operatório. Neste sistema de apoio a decisões de nível operacional, a ordem pela qual são realizadas as intervenções cirúrgicas dos pacientes seleccionados pela heurística, em cada um dos dias, assim como as respectivas horas de início e fim, não são fixadas (*advanced scheduling*). Para que a heurística, desenvolvida e testada com dados reais fornecidos pelo CHLN, seja facilmente utilizada pelo mesmo, foi criada uma interface que lê a lista de inscritos para cirurgia e sugere uma agenda cirúrgica semanal.

O Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN) compreende duas instituições públicas universitárias de referência do SNS português, o Hospital Santa Maria (HSM) e o Hospital Pulido Valente (HPV), e tem por objectivo assegurar a equidade e a universalidade do acesso, a assistência capaz e eficiente e a promoção da qualidade e da excelência, com satisfação dos utentes e dos especialistas.

Por norma, o agendamento cirúrgico é realizado por cirurgiões, enfermeiros ou funcionários administrativos, sem auxílio dum programa informático e desrespeitando, muitas vezes, os critérios de equidade, o que se traduz numa utilização ineficiente dos recursos. A Investigação Operacional (IO) desempenha um papel muito importante no apoio à tomada de decisão em

problemas com aplicação real, nomeadamente na marcação de cirurgias electivas. As abordagens de solução, desenvolvidas pela IO, para combater a elevada dimensão das listas de inscritos para cirurgia, nos diversos hospitais públicos, apresentam planos de trabalho eficientes e adequados às necessidades e objectivos desejados.

Os problemas reais podem ser abordados por modelos matemáticos resolvidos por algoritmos de optimização ou por heurísticas. O primeiro caso permite a obtenção da solução óptima do problema, mas, por norma, envolve modelos complexos, cuja resolução não é conseguida em tempo útil e exige *software* dispendioso e de difícil acesso para pessoas sem formação na área. A segunda hipótese permite encontrar soluções de boa qualidade para o problema, em tempo útil, sem requerer *software* dispendioso ou pessoal formado na área. Neste trabalho, optou-se por recorrer a uma heurística composta por uma fase construtiva e outra de melhoramento.

Existem dois tipos de cirurgias: não-electivas e electivas. No primeiro caso, o paciente necessita duma intervenção cirúrgica de imediato, enquanto que, no segundo caso, devido ao carácter não urgente do utente, este é colocado em lista de espera, sendo posteriormente escolhida a data mais oportuna para realizar o procedimento cirúrgico. O presente trabalho dedica-se apenas ao planeamento de cirurgias electivas, visto que não é possível agendar casos urgentes.

Habitualmente, o processo de agendamento de cirurgias electivas divide-se em três etapas hierárquicas: *Case Mix Planning*, *Master Surgery Planning* e *Elective Case Scheduling*. Os níveis de decisão estratégico (*Case Mix Planning*), tático (*Master Surgery Planning*) e operacional (*Elective Case Scheduling*) correspondem às primeira, segunda e terceira fases de planeamento, na devida ordem. Na literatura, o último nível de decisão é, por vezes, dividido em duas partes: *advanced scheduling* e *allocation scheduling*. No capítulo seguinte, encontra-se uma descrição detalhada deste processo.

Nesta dissertação, existem sete capítulos, o primeiro dos quais corresponde a esta introdução. No segundo capítulo, é feita uma revisão da literatura, apresentando-se trabalhos que abordam problemas de marcação de cirurgias electivas. De seguida, no capítulo três, descreve-se detalhadamente o problema em estudo e exhibe-se a análise realizada aos dados disponibilizados pelo CHLN. No capítulo quatro, descreve-se a heurística desenvolvida para obter soluções do problema exposto no capítulo anterior e, no capítulo cinco, apresentam-se e analisam-se os resultados computacionais obtidos, sendo comparados com a realidade praticada pelo centro hospitalar, no que diz respeito ao planeamento de cirurgias electivas, no mesmo período de tempo. No capítulo seis, explica-se a interface criada e respectiva utilização e, para finalizar, no sétimo e último capítulo, apresentam-se as conclusões feitas ao estudo efectuado e sugerem-se propostas para trabalhos posteriores.



## Capítulo 2

# Revisão de Literatura

Nos últimos anos, a Investigação Operacional tem desempenhado um papel de extrema importância em problemas relacionados com a saúde, tais como decisão dos locais mais favoráveis para instalar unidades de saúde, determinação do número de ambulâncias necessárias e da respectiva localização óptima, definição do número de enfermeiras a contratar e alocação das mesmas às possíveis enfermarias, marcação de cirurgias electivas e planeamento do transporte de doentes.

Na literatura, encontram-se variadas metodologias para obtenção de soluções para os problemas acima mencionados, sendo o desenvolvimento de modelos matemáticos e a aplicação de heurísticas as abordagens mais utilizadas.

Em 2010, Cardoen *et al.* [3] realizam uma revisão de literatura na área de investigação operacional, mais precisamente no planeamento do bloco operatório, analisando a literatura em diversos campos relacionados com definição de problemas ou características técnicas. Os autores resumem as tendências mais significativas na investigação sobre o planeamento do bloco operatório e identificam as áreas que necessitam de ser abordadas futuramente. O fornecimento duma visão geral actualizada do planeamento do bloco operatório, a estruturação da informação obtida e o agrupamento da literatura de forma detalhada são os principais objectivos do artigo [3].

Em 2011, Guerriero & Guido [4] apresentam uma revisão de literatura estruturada sobre diversas formas de melhorar a gestão das salas cirúrgicas, focando-se nas contribuições científicas que utilizam modelos matemáticos (determinísticos e estocásticos), técnicas de simulação e abordagens de solução para resolver problemas que surgem na gestão das salas cirúrgicas, e desprezando os trabalhos que propõem apenas análises e modelos estatísticos. As contribuições de pesquisa são agrupadas em quatro níveis de decisão: estratégico, tático, operacional e misto, sendo este último utilizado para classificar os artigos que abordam problemas pertencentes a mais do que um nível de decisão. Os autores indicam, também, direcções para pesquisas futuras.

Em [3] e [4], devido à extensa literatura existente, os autores optam pelas contribuições escritas em inglês e, por preferirem os avanços mais recentes, em [3] só aparecem trabalhos publicados desde 2000.

Em 2011, Erdogan & Denton [5] dão uma visão geral das partes mais importantes do sistema de planeamento de cirurgias, focando-se no bloco operatório. Os autores descrevem os factores

que mais complicam o agendamento cirúrgico e caracterizam os tipos de incerteza que afectam o mesmo, assim como discutem desafios e oportunidades para pesquisa futura.

Em 2015, Van Riet & Demeulemeester [6] realizam uma revisão da literatura sobre o planeamento do bloco operatório, incluindo pacientes das categorias electiva e não-electiva, onde mostram as diversas políticas, as diferenças e semelhanças nas configurações de pesquisa e os respectivos resultados, sejam eles benéficos ou não. Algumas políticas foram bastante exploradas, no entanto ainda não se descobriu quais as mais apropriadas, nem se aprofundou tudo.

Em 2016, Samudra *et al.* [7] realizam uma revisão da literatura, onde o foco corresponde ao planeamento do bloco operatório e apresentam várias tabelas para classificar a literatura recente.

O processo de planeamento de cirurgias electivas, assim como a generalidade dos problemas de logística, apresenta três níveis de decisão hierárquicos: estratégico (*Case Mix Planning*), tático (*Master Surgery Planning*) e operacional (*Elective Case Scheduling*).

Devido à hierarquização, os três níveis de decisão dependem uns dos outros, correspondendo o resultado das decisões dum nível ao *input* da fase seguinte, logo são efectuados por uma ordem fixa. Primeiro, realiza-se o nível estratégico; seguidamente o tático, cuja tomada de decisão depende do estipulado no nível anterior e, por fim, o operacional que tem em conta o definido nos níveis de decisão estratégico e tático.

Este capítulo contém quatro subcapítulos, correspondendo os três primeiros a trabalhos cujo estudo recai apenas num dos níveis de decisão e o último a artigos que integram mais do que um nível.

## 2.1 Nível Estratégico

A primeira fase de planeamento (*Case Mix Planning*) diz respeito a um nível de decisão estratégico (*discipline level*), onde as decisões tomadas têm efeito a longo prazo (*long-term*), afectam não só o número como o tipo de intervenções cirúrgicas efectuadas e, por norma, compreendem o desenho de sistemas logísticos e a aquisição de recursos necessários. Neste nível, procede-se à distribuição do tempo disponível das salas cirúrgicas pelos diversos cirurgiões ou grupos de cirurgia, correspondendo o problema tratado, essencialmente, à alocação de recursos, isto é, à determinação do número e tipo de cirurgias a realizar e da equipa médica envolvida, e à análise dos valores relevantes para maximizar o lucro ou minimizar os gastos, tendo em conta a quantidade de recursos disponibilizados.

Em 1997, em parceria com um hospital universitário, Strum *et al.* [8] apresentam um modelo que visa a minimização dos custos associados à utilização das salas cirúrgicas dum bloco operatório, considerando a subutilização e a sobreutilização das mesmas e desprezando o conceito clássico de utilização, conseguindo deste modo uma análise mais completa e detalhada. O modelo apresentado baseia-se na metodologia de *lot sizing and inventory control* e contabiliza os recursos disponíveis para realizar um planeamento semanal do tempo disponível para cirurgia em cada sala. Um número específico de blocos temporais disponíveis para cirurgia está afecto a cada sala cirúrgica e a minimização dos custos é aplicada aos blocos de tempo das mesmas,

sendo possível que tais blocos apresentem durações diferentes.

Posteriormente, em 1999 [9], os mesmos autores analisam os mesmos casos cirúrgicos que em 1997, mas desta vez são afectos dez serviços cirúrgicos às salas dos blocos operatórios, conforme a procura cirúrgica de cada especialidade.

Em 2002, Blake & Carter [10], apresentam uma metodologia, para alocação de recursos em hospitais, que utiliza dois modelos em programação linear por metas, com o intuito de resolver problemas de decisão associados ao tempo de cada médico na sala cirúrgica, conforme o grupo cirúrgico; ao número de intervenções cirúrgicas afectas a cada cirurgião e ao custo de afectar cada cirurgião a um dado grupo cirúrgico.

Em 2009, Ma *et al.* [11] descrevem uma metodologia cuja finalidade é maximizar os lucros hospitalares, dada a capacidade de recursos existente, determinando, dentro de cada grupo, o número de pacientes submetidos a cirurgia e a alocação dos recursos aos diferentes serviços. Constroem um modelo em programação linear inteira e desenvolvem um algoritmo de *branch-and-price* para resolver o problema. Três dos principais recursos consumidos (cirurgiões, salas cirúrgicas e camas) são contemplados no processo de tratamento e três parâmetros (retribuição do tratamento, tempo de duração da cirurgia e tempo de permanência no hospital) são determinados para caracterizar o paciente tratado (os pacientes que utilizam recursos iguais e partilham parâmetros idênticos pertencem ao mesmo grupo).

Em 2011, Ma *et al.* [12] formulam um modelo em programação linear inteira e propõem, desenvolvem e implementam um algoritmo de *branch-and-price*, como metodologia para a resolução do problema de determinação do número de doentes a operar (divididos em grupos, por patologia); a afectação do número de salas disponíveis às equipas dos cirurgiões e a definição do número de camas necessárias nas diversas enfermarias. A maximização do lucro global, considerando os recursos disponíveis, é o objectivo do plano realizado para um horizonte temporal de meio ano a um ano, tendo em conta ciclos repetitivos de uma semana.

## 2.2 Nível Tático

A segunda fase de planeamento (*Master Surgery Planning*) diz respeito a um nível tático de gestão hospitalar (*surgeon level*), onde as decisões tomadas têm efeito a médio prazo (*medium-term*) e integram não só o planeamento de produção, como a afectação de recursos. Neste nível, é construído um cronograma cíclico (*MSS*), para um período de planeamento de um/três meses a um ano, que tem o histórico dos dados e a procura real/prevista como *inputs*, sendo determinados, para cada dia, o número e tipo de salas cirúrgicas disponíveis, assim como os respectivos horários de funcionamento e os cirurgiões ou grupos de cirurgiões com prioridade na utilização dos blocos de tempo (definidos na fase anterior) disponíveis nas salas cirúrgicas.

Em 2002, Blake *et al.* [13], preocupados com o problema de determinação de um método de distribuição equitativo dos blocos de tempo, das salas cirúrgicas, pelos grupos cirúrgicos, em hospitais com tempos fixos disponíveis, recorrem à programação linear inteira. Assumindo que o nível estratégico já foi definido, os autores minimizam a soma ponderada da diferença entre o tempo de sala atribuído no primeiro nível (estratégico) de planeamento e o tempo a facultar

a cada equipa cirúrgica, na definição do *MSS*. A resolução do problema envolve a afectação de salas cirúrgicas específicas, em dias concretos da semana, a grupos cirúrgicos particulares, no horizonte temporal de uma semana.

Em 2005, Vissers *et al.* [14] constroem um modelo em programação linear inteira mista, onde, para cada dia da semana, é definido o número de horas disponíveis na sala cirúrgica e o número de pacientes operados de cada categoria, respeitando o tempo estipulado no nível tático, com o objectivo de minimizar a soma ponderada entre a utilização excessiva e reduzida dos recursos disponíveis (tempo disponível em cada uma das salas cirúrgicas, número de camas e número de enfermeiros). Os autores assumem que o *master schedule* é baseado no número de procedimentos cirúrgicos esperados, para todo o horizonte temporal de planeamento, e tem capacidade suficiente para lidar com a procura. Consideram que um paciente pertence a uma mesma categoria se necessita de recursos semelhantes.

Em 2008, Van Oostrum *et al.* [15] apresentam um modelo em programação linear inteira estocástica, cujo objectivo é maximizar a utilização das salas cirúrgicas e nivelar o número de camas necessárias nas unidades de pós-operatório, tendo em conta uma soma ponderada dos dois critérios conflituosos. O modelo determina uma lista de tipos de procedimentos cirúrgicos, a realizar em cada sala cirúrgica e em cada dia do horizonte temporal de planeamento, sem esquecer a estocasticidade das durações dos procedimentos cirúrgicos. O modelo é composto por duas partes. Primeiramente, é feita uma aproximação heurística, através do método de geração de colunas e, posteriormente, essa mesma solução é aproveitada para o método exacto.

Em 2009, Beliën *et al.* [16] apresentam um sistema de apoio à decisão para a criação de um *MSS* cíclico, considerando, na sua elaboração, três objectivos: nivelção da ocupação das camas nas unidades hospitalares; alocação exclusiva de cada sala cirúrgica a um grupo de cirurgões da mesma especialidade, por dia, e geração de um *MSS* simples e repetitivo, com pequenas mudanças de semana para semana. O sistema desenvolvido recorre a técnicas de programação inteira mista, incluindo a solução de um problema multi-objectivo, resolvido através de programação linear e quadrática e de uma meta-heurística, fundamentada no procedimento de *simulated annealing*. Com as diferentes soluções, conseguidas através das diversas técnicas, o agente de decisão escolhe o plano que deseja.

Em 2014, Fügner *et al.* [17] consideram um problema de *MSS*, cuja afectação de diferentes especialidades cirúrgicas, aos blocos de tempo nas salas cirúrgicas, tem em atenção não só o impacto do *MSS* na sala cirúrgica e na equipa médica, como também na unidade de cuidados intensivos e no acompanhamento necessário dos pacientes após abandonarem a sala cirúrgica. Os autores focam-se no fluxo dos pacientes internos, dado que aí não é suficiente considerar as capacidades das salas cirúrgicas, e minimizam os custos associados às unidades de pós-operatório e aos cuidados prestados ao doente fora do bloco operatório. Primeiramente, propõem uma abordagem analítica estocástica que calcula, para um dado *MSS*, a distribuição da procura exacta, por parte dos pacientes internos, nas unidades de pós-operatório e enfermarias. De seguida, utilizam algoritmos exactos (*branch-and-bound*) e heurísticos (*simulated annealing*) para construir um *MSS*, onde os custos associados sejam minimizados.



## 2.3 Nível Operacional

A terceira e última fase de planeamento (*Elective Case Scheduling*) diz respeito a um nível operacional (*patient level*), onde as decisões tomadas têm efeito no dia-a-dia ou em tempo real (*short-term*) e englobam o escalonamento de pessoal ou tarefas, a reserva de equipamentos especializados e o agendamento de cirurgias electivas (*off-line scheduling*), com base no *MSS* construído no segundo nível, sendo que alguns trabalhos contabilizam, também, as cirurgias urgentes e os cancelamentos e, por isso, permitem a modificação dum cronograma já existente, realizando um agendamento *on-line*.

A divisão desta fase em dois problemas (*advanced scheduling* e *allocation scheduling*), também pode ser encontrada na literatura. O primeiro problema (*advanced scheduling*) corresponde ao agendamento dos pacientes, em lista de espera, seleccionando um dia e/ou uma sala para a realização da respectiva intervenção cirúrgica e o segundo problema (*allocation scheduling*) diz respeito ao sequenciamento dos utentes, anteriormente escolhidos, em cada um dos dias, ou à afectação dos mesmos a horários específicos.

Em 2006, Fei *et al.* [18] focam-se num dos problemas de gestão de processos cirúrgicos, o problema de agendamento de blocos, e constroem um programa cirúrgico semanal, com a estratégia de agendamento de blocos, assumindo que o *MSS* se encontra predeterminado e não sofrerá alterações durante o período de planeamento. Primeiramente, a formulação do problema de afectação das cirurgias em lista de espera, aos blocos de tempo de cada cirurgião, é feita recorrendo a programação inteira binária e, posteriormente, utiliza-se um modelo de *Flow Shop* para decidir a ordem diária de realização das intervenções cirúrgicas. Na primeira fase são aplicados procedimentos heurísticos, assentes na técnica de geração de colunas e, na segunda fase, é aproveitada a solução obtida na primeira parte, para o algoritmo genético híbrido que dará uma solução para o problema.

Em 2010, Min & Yih [19] desenvolvem um modelo em programação dinâmica estocástica, para a obtenção duma política óptima para o planeamento de cirurgias electivas, numa instalação cirúrgica cuja capacidade é limitada, considerando o nível de prioridade de cada paciente. Os autores mostram que a inclusão do nível de prioridade dos pacientes altera significativamente o planeamento cirúrgico e a eficácia do mesmo, levando a um melhor aproveitamento do bloco operatório. Para além da prioridade associada a cada paciente, a incerteza da procura e a duração cirúrgica são tidas em conta no modelo, visto que também contribuem para a ineficiência do plano. No início de cada período é escolhido o número de pacientes a agendar, tendo em conta o compromisso entre o custo de horas extraordinárias e o custo de adiar cada cirurgia. Sempre que há capacidade disponível, são agendados os pacientes, em lista de espera, com prioridade mais elevada.

Em 2016, Li *et al.* [20] desenvolvem um modelo para auxiliar o processo de revisão diária da agenda cirúrgica (reagendamento esse realizado, manualmente, pelos hospitais) e testam-no em três hospitais, dado que os centros hospitalares gastam recursos administrativos consideráveis para garantir que o tempo das salas cirúrgicas é utilizado de forma eficiente. O problema é tratado como uma variante do problema de empacotamento bidimensional com itens (cirurgias

efectuadas pelo mesmo cirurgião) interligados. É utilizado um *software* para reagendar as cirurgias, com vista a minimizar o custo das horas extraordinárias. Como método de resolução, recorrem a um algoritmo de *branch-and-bound*, concluindo que o reagendamento dos planos pré-definidos, com foco nas vontades e critérios dos cirurgiões, pode traduzir-se numa maior eficiência da utilização das salas cirúrgicas.

### 2.3.1 *Advanced scheduling*

Em 2016, Mateus [21] e, em 2018, Mateus *et al.* [22] envolvem-se num projecto com um hospital público português, cuja administração pretende atingir as metas impostas pelo Ministério da Saúde para a produção cirúrgica, estudando o problema de agendamento de cirurgias electivas, para tentar garantir um serviço cirúrgico com um alto nível de eficiência. Devido à inexistência dum sistema de agendamento de cirurgias electivas, por parte dos hospitais, as intervenções cirúrgicas são planeadas de forma não sistemática e sem respeitar os critérios de equidade. São consideradas três versões do problema e desenvolvidas e implementadas heurísticas construtivas e de melhoramento, de pesquisa local, que respeitam os critérios estipulados pelo Ministério da Saúde, para encontrar, rapidamente, boas soluções para cada uma das versões. Para permitir a utilização das heurísticas, por parte do hospital, é desenvolvida uma interface que lê todos os dados relevantes para o problema e propõe um agendamento cirúrgico semanal, de um modo sistemático.

Em 2017, Marques & Captivo [23], em colaboração com um hospital português de grande dimensão, modelam três versões em programação linear inteira mista, para determinar os pacientes, em lista de espera, a agendar para cirurgia, no horizonte temporal de planeamento, e atribuir um dia, uma sala cirúrgica e um bloco de tempo para cada paciente seleccionado. O objectivo do trabalho é propor uma abordagem nova e sistemática que ajude o hospital no agendamento de cirurgias electivas e respeite os interesses da administração do hospital, as metas impostas pelo governo e as decisões dos médicos, visando otimizar a utilização dos recursos cirúrgicos disponíveis e melhorar a equidade e as condições de acesso quer para os pacientes operados quer para os que continuam em lista de espera. Para cada um dos modelos, é ainda formulada uma abordagem robusta, considerando a incerteza na duração das cirurgias.

Em 2017, Ferreira [24], em colaboração com o Centro Hospitalar Lisboa Norte, estuda o agendamento cirúrgico do mesmo, com o intuito de otimizar a utilização dos recursos disponíveis e melhorar o acesso por parte dos pacientes. A autora constrói um modelo em programação linear inteira, para auxiliar o processo das escalas cirúrgicas, com a finalidade de reduzir a dimensão das listas de espera e garantir uma utilização eficaz e eficiente dos blocos operatórios, respeitando os critérios de equidade (prioridade e antiguidade) estabelecidos pelo Sistema Integrado de Gestão de Inscritos para Cirurgia. No *MSS*, previamente definido, está associado um serviço cirúrgico específico e um horário de funcionamento a cada sala cirúrgica, para cada dia da semana. Neste problema de planeamento de cirurgias electivas, não é tida em conta a ordem pela qual os utentes são operados, nem o horário de cada uma das cirurgias, sendo determinados apenas os utentes em lista de espera que devem ser operados em cada dia, cada bloco operatório e cada sala cirúrgica.

### 2.3.2 Allocation scheduling

Em 2009, Cardoen *et al.* [25] desenvolvem algumas abordagens de solução em programação linear inteira mista, de natureza exacta ou heurística. Os autores estudam um problema de optimização combinatória multi-objectivo, cuja sequência dos pacientes, dentro das salas cirúrgicas de um centro cirúrgico ambulatorio, tem de ser determinada, sendo necessário optimizar seis objectivos conflituosos, combinados, através de ponderações, numa só função objectivo.

## 2.4 Integração de Níveis de Decisão

No processo de planeamento de intervenções cirúrgicas electivas, é necessário resolver mais do que um nível de decisão em simultâneo quando, por exemplo, não existe uma afectação prévia das salas cirúrgicas a cirurgiões, equipas ou especialidades cirúrgicas. Na literatura, encontram-se não só trabalhos que englobam ambos os níveis de decisão tático, *Master Surgery Planning*, e operacional, *Elective Case Scheduling*, como também artigos que integram todos os três níveis de decisão.

Em 2007, Testi *et al.* [26] desenvolvem um sistema hierárquico, composto pelos três níveis de decisão, para realizar o agendamento semanal das salas cirúrgicas de um departamento cirúrgico com várias especialidades, correspondendo a solução duma fase a uma restrição da etapa seguinte. O objectivo é sugerir uma maneira integrada de encarar o planeamento das actividades cirúrgicas que melhore a eficiência geral das salas cirúrgicas (a nível de horas extra e produtividade) e reduza a dimensão da lista de espera, optimizando a organização do departamento. Na primeira parte, com o intuito de maximizar os benefícios totais referentes à utilização do bloco operativo, é determinado o número de blocos de tempo a afectar, semanalmente, a cada especialidade cirúrgica. Posteriormente, na segunda fase, a afectação das especialidades cirúrgicas às salas disponíveis para cirurgia e aos dias é realizada, respeitando as preferências dos médicos, através da construção dum *MSS*. Na terceira e última etapa, a afectação e sequenciação dos utentes a operar, em cada sala, é feita tendo em conta o *MSS* construído na fase anterior. Para as primeira e segunda etapas são desenvolvidos modelos em programação linear inteira, cuja resolução recorre ao *CPLEX* e, na última fase, utilizam-se métodos de simulação.

Em 2012, Marques *et al.* [27] desenvolvem um modelo em programação linear inteira, para utilizar, de forma mais eficiente, os recursos instalados no bloco operativo do hospital em estudo e melhorar o funcionamento do seu serviço cirúrgico. A agenda proposta selecciona as cirurgias electivas da lista de espera, no horizonte temporal de uma semana, com a finalidade de maximizar a ocupação do bloco operativo, tendo presentes a prioridade dos utentes, o tempo máximo (diário e semanal) de cirurgia dos médicos e a capacidade das salas cirúrgicas. Por não haver uma afectação prévia das salas cirúrgicas a especialidades cirúrgicas ou a cirurgiões, o modelo faz a afectação das salas às diversas especialidades (*Master Surgery Planning*) e planeia as intervenções cirúrgicas, em cada sala e em cada dia da semana (*Elective Case Scheduling*). Na resolução deste problema, recorre-se a um método exacto e, posteriormente, caso não seja obtida a solução óptima, realiza-se uma aproximação heurística.

Ainda em 2012, Marques *et al.* [28] apresentam modelos em programação linear inteira,

juntamente com duas heurísticas (uma construtiva e outra de melhoramento), para a resolução do problema abordado em [27]. Desta vez, maximizar o número de cirurgias agendadas, com o intuito de diminuir a dimensão da lista de espera, é um dos objectivos a ter em conta.

Em 2014, Marques *et al.* [29] dedicam-se, mais uma vez, ao estudo do problema de planeamento de cirurgias electivas, num hospital público português, com o objectivo de alcançar, através da investigação operacional, as metas impostas pelo Plano de Saúde Nacional Português, para as unidades hospitalares (melhorar a utilização eficiente dos recursos disponíveis e reduzir a lista de espera para cirurgia). O problema consiste em afectar, às cirurgias electivas que se encontram em lista de espera no hospital, uma data de intervenção, uma sala cirúrgica e uma hora de início, no horizonte temporal de uma semana, sendo considerados, independentemente, dois critérios de optimização conflituosos (maximização da ocupação do bloco operatório e maximização do número de cirurgias agendadas). Os autores desenvolvem duas versões de uma heurística genética com um só objectivo e aplicam-nas a dados reais do hospital em estudo. Em [27] e [28], o problema é dividido em duas fases hierárquicas (marcação de cirurgias de âmbito convencional e posterior agendamento de intervenções cirúrgicas de ambulatório, utilizando o resultado da primeira etapa), enquanto, em [29], o algoritmo genético combina, em simultâneo, ambas as fases, fazendo uma abordagem integrada e melhorando os resultados obtidos.

Em 2015, Marques *et al.* [30] continuam o estudo do problema acima mencionado e fazem uma abordagem bi-critério (desenvolvimento de heurísticas construtiva e de melhoramento), combinando ambas as funções objectivo anteriormente referidas. Para procurar soluções eficientes é utilizada a minimização duma distância ponderada de Chebyshev a um ponto de referência.

Ainda em 2015, Marques & Captivo [31] apresentam outra abordagem bi-critério para o mesmo problema, desenvolvendo, implementando e testando um algoritmo evolutivo.

Os problemas tratados em [30] e [31] correspondem a decisões do nível operacional (*advance scheduling*), necessárias para o planeamento das salas cirúrgicas.

Em 2016, Spratt & Kozan [32] estudam o problema de criação de *MSSs*, num hospital público australiano, que incluam restrições de pessoal especializado e de equipamento, assim como de metas para o tempo de espera, por parte dos pacientes, e garantam que os utentes são tratados em tempo clinicamente aceitável. Os problemas de *MSS* e *SCA* (*Surgical Case Assignment*) são considerados em simultâneo e, com o intuito de produzir *MSSs* mais robustos e reduzir o tempo extraordinário inesperado, as durações cirúrgicas são estocásticas.

Para formular o problema, cujo objectivo é maximizar o número de cirurgias agendadas para o horizonte temporal de planeamento, os autores recorrem à programação não linear inteira mista e, para o resolver, utilizam uma variedade de meta-heurísticas híbridas, inspiradas em *simulated annealing* e *reduced variable neighbourhood search*, para afectar cirurgiões, especialidades e intervenções cirúrgicas ao tempo disponível das salas cirúrgicas.

## Capítulo 3

# Problema em Estudo

Neste capítulo, descreve-se, detalhadamente, o problema em estudo, as bases de dados e as instâncias, fornecidas pelo centro hospitalar e utilizadas nesta dissertação.

### 3.1 Descrição do Problema

A colaboração do Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN), estabelecimento hospitalar público português, geral e central, composto por dois hospitais universitários e de referência do SNS português (Hospital Santa Maria (HSM) e Hospital Pulido Valente (HPV)), permitiu a concretização deste estudo.

No CHLN, encontram-se activos dois blocos operatórios centrais e doze blocos operatórios periféricos, o que dá um total de 14 blocos operatórios funcionais. Em cada um dos blocos existe um número variável de salas cirúrgicas, com um horário de funcionamento definido, sendo realizadas cirurgias de âmbito convencional e ambulatorio em todos os blocos operatórios, com excepção do Bloco Ambulatorio de Urologia que, como o nome indica, só admite intervenções cirúrgicas de tipo ambulatorio.

Cirurgia Cardiorácica (CCT), Cirurgia Geral (CG), Cirurgia Pediátrica (CPD), Cirurgia Plástica (CPL), Cirurgia Torácica (CT), Cirurgia Vacular (CVA), Estomatologia (EST), Ginecologia (GIN), Neurocirurgia (NEU), Obstetrícia (OBS), Oftalmologia (OFT), Ortopedia (ORT), Otorrinolaringologia (ORL) e Urologia (URO) são as especialidades cirúrgicas presentes no Centro Hospitalar Lisboa Norte.

Neste trabalho, o serviço de Obstetrícia não é contemplado, uma vez que, devido ao reduzido número de pacientes que apresenta em LIC, o agendamento das intervenções cirúrgicas dessa especialidade pode ser feito manualmente, excluindo, assim, os dois blocos operatórios periféricos de Obstetrícia. No Bloco Operatório de Queimados apenas são realizadas cirurgias de queimados, o que não justifica a sua integração no trabalho em causa. Deste modo, na presente dissertação, são analisados 11 blocos operatórios.

No Bloco Operatório Central do HSM existem 8 salas, mas 2 delas não são tidas em conta, dado que estão reservadas para cirurgias urgentes e estas não fazem parte deste estudo.

Os blocos operatórios centrais do Centro Hospitalar Lisboa Norte apresentam um plano base predeterminado (*MSS*), para o horizonte temporal de uma semana, onde as salas de cirurgia são afectas, em cada dia útil da semana, a algumas das especialidades cirúrgicas existentes. Men-

salmente, o *MSS* pode necessitar de alguns ajustes, por falta de recursos humanos ou por outra razão. Como o plano mensal se certifica da existência de anestesistas e enfermeiros suficientes, estes não são considerados recursos escassos no agendamento de intervenções cirúrgicas.

Na tabela 3.1, para cada um dos 11 blocos operatórios, indica-se o número de salas cirúrgicas disponíveis com os respectivos horários de funcionamento, a(s) especialidade(s) e o âmbito das intervenções cirúrgicas afectos a cada sala cirúrgica.

Tabela 3.1: Blocos operatórios em estudo

| Bloco operatório <sup>1</sup>      | Nº de salas | Horário <sup>2</sup>                              | Serviços                                    | Âmbito da cirurgia |
|------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|
| (1) Bloco Ambulatório de URO       | 1           | 09h-14h                                           | URO                                         | Amb                |
| (2) Bloco Operatório Central (HPV) | 6           | 08h30m-15h30m (5)<br>08h30m-19h30m (1)            | CCT<br>CG<br>CPL<br>CT<br>CVA<br>EST<br>ORL | Amb<br>Conv        |
| (3) Bloco Operatório Central       | 8           | 08h30m-15h30m (3)<br>08h30m-19h30m (3)<br>24h (2) | CG<br>CVA<br>ORT<br>URO                     | Amb<br>Conv        |
| (4) Bloco Operatório de CPL        | 2           | 08h30m-15h30m (1)<br>08h30m-19h30m (1)            | CPL<br>EST <sup>3</sup>                     | Amb<br>Conv        |
| (5) Bloco Operatório de CCT        | 2           | 08h-16h (1)<br>08h-21h (1)                        | CCT                                         | Amb<br>Conv        |
| (6) Bloco Operatório de CPD        | 2           | 08h30m-14h (1)<br>08h30m-1h (1)                   | CPD                                         | Amb<br>Conv        |
| (7) Bloco Operatório de GIN        | 2           | 08h30m-14h                                        | GIN                                         | Amb<br>Conv        |
| (8) Bloco Operatório de NEU        | 2           | 08h-16h (1)<br>08h-20h (1)                        | NEU                                         | Amb<br>Conv        |
| (9) Bloco Operatório de OFT        | 2           | 08h-16h                                           | OFT                                         | Amb<br>Conv        |
| (10) Bloco Operatório de ORL       | 2           | 08h-14h                                           | ORL                                         | Amb<br>Conv        |
| (11) Bloco Operatório de EST       | 1           | 08h30m-13h30m                                     | EST                                         | Amb<br>Conv        |

<sup>1</sup> Com excepção do Bloco Operatório Central (HPV), os restantes blocos operatórios pertencem ao HSM.

<sup>2</sup> Para os blocos operatórios que apresentam salas cirúrgicas com horários diferentes, indica-se, entre parêntesis, o número de salas afectas a cada horário.

<sup>3</sup> Um dia por mês, o Bloco Operatório de CPL é afecto a Estomatologia (EST).

Com excepção das salas cirúrgicas de ambos os blocos operatórios centrais, as salas dos restantes blocos encontram-se afectas a uma só especialidade cirúrgica, o que se deve à vulnerabilidade do equipamento singular de cada serviço.

O tempo que um paciente está numa sala dum bloco operatório inclui não só a duração da intervenção cirúrgica, mas também a da anestesia, sendo que a presença do cirurgião só se verifica aquando da cirurgia. Primeiramente, prestam-se os cuidados anestésicos pré-intervenção,

posteriormente o cirurgião opera e, no fim, sucedem-se os cuidados anestésicos pós-intervenção. Ao despertar da cirurgia, o paciente abandona a sala do bloco operatório e segue-se a higienização da mesma e dos respectivos acessórios. Assim sendo, o tempo que uma sala cirúrgica está ocupada corresponde à soma das durações das anestesia, intervenção cirúrgica e higienização.

Na afectação de cirurgias, a uma sala e a um dia, é necessário ter em conta as durações de todas as etapas (anestesia, intervenção cirúrgica e higienização), para garantir que a sala está disponível dentro do respectivo horário de funcionamento, evitando a realização de horas extraordinárias; verificar que a especialidade da sala corresponde à da intervenção cirúrgica a agendar e assegurar que o cirurgião responsável tem disponibilidade para operar no intervalo de tempo desejado, sem ultrapassar os seus limites temporais máximos diário e semanal.

Em 2017, Ferreira [24] desenvolve um modelo matemático em programação linear inteira mista, para analisar este problema, constatando que o modelo agenda um número elevado de intervenções cirúrgicas cujo tempo máximo de resposta se encontra expirado, ao invés da realidade praticada pelos serviços cirúrgicos do centro hospitalar. Após comparação das agendas do modelo e do centro hospitalar, surge a suspeita de que o critério antiguidade está a ser desprezado pelo CHLN, enquanto que a selecção dos utentes em LIC, para cirurgia, realizada em [24], tem em conta as prioridade e antiguidade dos pacientes.

Este estudo enquadra-se na terceira e última fase do processo de planeamento de cirurgias electivas (*Elective Case Scheduling*), isto é, corresponde a um nível operacional e, uma vez que o sequenciamento dos pacientes, em cada um dos dias (*allocation scheduling*), não faz parte desta análise, o problema a ser resolvido é o *advanced scheduling*.

Segundo a legislação vigente [1] e [2], para cada paciente existe um tempo limite em lista de espera, associado ao nível de prioridade. Aquando da proposta cirúrgica, afecta-se, ao paciente que entra na lista de inscritos para cirurgia, um serviço, um procedimento cirúrgico, um médico, um nível de prioridade, entre outros. A cada intervenção cirúrgica é atribuído um de quatro níveis de prioridade. O nível de prioridade 4 compreende as cirurgias de urgência diferida, cujo prazo de realização é 72 horas; o nível de prioridade 3 contém as cirurgias muito prioritárias, cujo tempo máximo em lista de espera é 15 dias; o nível de prioridade 2 inclui as cirurgias prioritárias que devem ser realizadas dentro de 60 dias e, por fim, o nível de prioridade 1 abarca as restantes cirurgias, ditas normais, que devem ter lugar num período de 270 dias.

A finalidade do estudo do problema de planeamento de intervenções cirúrgicas programadas é realizar, no final de cada semana (à Sexta-feira) o agendamento de cirurgias electivas para a semana útil seguinte, isto é, escolhem-se os utentes em lista de espera a agendar para cada sala e para cada dia (de Segunda a Sexta-feira), respeitando os critérios de equidade no acesso, estabelecidos pelo SIGIC, para hospitais pertencentes ao SNS, ou seja, casando o nível de prioridade com a antiguidade em LIC, medidas essas seguidas pela administração do CHLN. Neste trabalho, o cirurgião proponente da cirurgia é o médico que realiza a mesma, pois o profissional que propõe a intervenção cirúrgica é quem melhor conhece o estado clínico do doente em causa.

O tempo máximo de resposta, estabelecido pelo Ministério da Saúde, é de 72 horas, para as cirurgias urgentes diferidas (nível de prioridade 4) e como o agendamento, para a semana útil seguinte, é realizado à Sexta-feira, é necessário garantir que tais intervenções cirúrgicas são

planeadas para Segunda-feira. Caso não seja possível agendar todas as cirurgias de urgência diferida para esse dia, indica-se o sucedido, para a direcção do hospital as poder afectar às salas de urgência.

## 3.2 Análise de Dados

O Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN) cedeu duas listas de espera presentes em datas particulares de 2016 (29-01-2016 e 15-04-2016); os planos operatórios construídos pelos diversos serviços cirúrgicos, com base nessas listas e os registos históricos das intervenções cirúrgicas efectuadas no centro hospitalar, nas semanas referentes a esses planos operatórios. Para além disso, o CHLN disponibilizou o registo histórico das cirurgias realizadas, no centro hospitalar, nos anos de 2013, 2014 e 2015.

Os dados fornecidos pelo CHLN, salvaguardam não só os utentes como o restante pessoal envolvido, uma vez que preservam a confidencialidade de ambos e, à excepção dos planos operatórios, serão alvo de análise neste subcapítulo.

### 3.2.1 Registo Histórico

As estimativas das durações das intervenções cirúrgicas foram feitas com base nos registos históricos das cirurgias realizadas nos anos de 2013, 2014 e 2015 e nas duas semanas de 2016, visto que, nos dados disponibilizados pelo centro hospitalar, encontram-se as horas de entrada e saída do utente do bloco operatório, de entrada e saída do doente da sala cirúrgica e as horas de início e fim da cirurgia. No total dos três anos e duas semanas, foram realizadas 72957 cirurgias electivas.

As durações das cirurgias não são determinísticas, visto que a experiência do cirurgião principal, o estado clínico do utente e a equipa médica são alguns dos factores que influenciam o tempo das intervenções cirúrgicas.

Cada sala cirúrgica tem um horário de funcionamento diário específico e, para que o mesmo seja cumprido, é necessário que as durações estimadas para cada intervenção cirúrgica se aproximem o máximo possível da realidade.

Após calcular as duas medidas estatísticas média e mediana, com os dados disponibilizados pelo CHLN, optou-se por utilizar os resultados obtidos com a média para estimar a duração de cada cirurgia, por apresentarem, na sua maioria, valores superiores aos da mediana, havendo, desse modo, uma probabilidade menor de exceder o tempo disponível em sala, aquando da realização das intervenções cirúrgicas presentes na agenda.

Uma vez que, na base de dados em análise, há acesso a informações como os códigos de serviço e de procedimento cirúrgico, um número identificativo do médico proponente (nas listas de inscritos para cirurgia (LIC)) e o número do cirurgião principal (nos registos históricos), o cálculo de ambas as medidas estatísticas por médico e por procedimento cirúrgico foi ponderado, dado que o desempenho de uma intervenção cirúrgica depende de quem a faz (cada cirurgião é único e apresenta um determinado nível de experiência). No entanto, esse cálculo não foi posto em prática, pois verificou-se a existência de discrepâncias nos dados e a quantidade de vezes que



cada cirurgião tinha realizado a maior parte dos diferentes procedimentos cirúrgicos, ao longo dos três anos e duas semanas, não era significativa.

Numa fase inicial, pensou-se na estimação da duração de cada cirurgia por serviço cirúrgico, sem especificar o procedimento, mas concluiu-se que não era o mais indicado, pois os procedimentos cirúrgicos pertencentes a uma mesma especialidade podem apresentar tempos de cirurgia completamente diferentes, sendo necessário fazer a distinção dos mesmos. A título de exemplo, há cirurgias do serviço de Cirurgia Vascular (CVA) que apresentam registos de tempo de operação que vão de poucos minutos a mais de vinte e uma horas. Como há um horário de funcionamento a cumprir em cada sala, convém que o cálculo das estimativas seja o mais rigoroso possível, para utilizar o tempo disponível em sala da melhor forma.

Posteriormente, como o Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN) inclui dois hospitais públicos: o Hospital Santa Maria (HSM) e o Hospital Pulido Valente (HPV), calcularam-se as estimativas da duração cirúrgica por procedimento cirúrgico e por hospital, mas, com excepção da especialidade de Cirurgia Geral (CG), a diferença das estimativas de ambos os hospitais não era relevante.

Por fim, optou-se pelo cálculo das estimativas dos tempos cirúrgicos por procedimento, considerando-se os registos das durações dos procedimentos cirúrgicos de ambos os hospitais, para todas as especialidades, excepto Cirurgia Geral, onde o cálculo das estimativas dos tempos é feito em separado, para cada um dos hospitais. Perante a inexistência de registo de determinados procedimentos a agendar ou o número reduzido de vezes (inferior a 10) que alguns dos procedimentos foram realizados, nos três anos e duas semanas disponibilizados, a estimativa da duração da respectiva cirurgia é calculada por serviço cirúrgico, tendo em conta os registos dos tempos cirúrgicos de todos os procedimentos da especialidade em causa.

Ferreira [24] calcula estas mesmas medidas estatísticas por serviço e por procedimento cirúrgico, respeitando a divisão por categorias dos diversos procedimentos, existente no site da CID-9-MC [33], ao qual acedeu a 15-06-2017. Para além disso, divide as intervenções cirúrgicas por âmbito, nos cálculos efectuados.

Cada uma das tabelas desta secção é composta por 10 colunas: Serviço (**Serv**), Número de Cirurgias (**NC**), Número de Cirurgias em percentagem (**NC (%)**), Âmbito Ambulatório (**Amb**), Convencional (**Conv**) e Convencional em percentagem (**Conv (%)**), Produção Adicional (**Adic**), Programada (**Prog**), Programada em percentagem (**Prog (%)**) e Urgente (**Urg**), por esta ordem.

Na tabela 3.2, encontram-se os registos históricos cirúrgicos das 13 especialidades em estudo, referentes aos anos de 2013, 2014 e 2015.

Nos anos de 2013, 2014 e 2015, realizaram-se 24537, 22420 e 25052 cirurgias, respectivamente, das quais 21872, 21606 e 24246, na devida ordem, correspondem a intervenções cirúrgicas dos serviços em análise.

Em todos os anos, as especialidades cirúrgicas com maior número de cirurgias realizadas são Cirurgia Geral (CG), com 16.4%, 17.6% e 19.27% do total, por ordem cronológica, e Oftalmologia (OFT), com 12.5%, 11.9% e 14.70% do total, por ordem cronológica.

Tabela 3.2: Registos históricos dos anos de 2013, 2014 e 2015

|      |              |              |               | Âmbito       |              |             | Produção    |              |             |             |
|------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
|      | Serv         | NC           | NC (%)        | Amb          | Conv         | Conv (%)    | Adic        | Prog         | Prog (%)    | Urg         |
| 2013 | CCT          | 1164         | 5.3           | 1            | 1163         | 99.9        | 0           | 923          | 79.3        | 241         |
|      | CG           | 3591         | 16.4          | 548          | 3043         | 84.7        | 217         | 2700         | 75.2        | 674         |
|      | CPD          | 1026         | 4.7           | 493          | 533          | 51.9        | 0           | 919          | 89.6        | 107         |
|      | CPL          | 1323         | 6.0           | 622          | 701          | 53.0        | 2           | 1259         | 95.2        | 62          |
|      | CT           | 505          | 2.3           | 0            | 505          | 100.0       | 0           | 500          | 99.0        | 5           |
|      | CVA          | 1589         | 7.3           | 366          | 1223         | 77.0        | 37          | 1375         | 86.5        | 177         |
|      | EST          | 1149         | 5.3           | 1095         | 54           | 4.7         | 26          | 1121         | 97.6        | 2           |
|      | GIN          | 1403         | 6.4           | 560          | 843          | 60.1        | 0           | 1374         | 97.9        | 29          |
|      | NEU          | 1328         | 6.1           | 118          | 1210         | 91.1        | 42          | 1184         | 89.2        | 102         |
|      | OFT          | 2728         | 12.5          | 2341         | 387          | 14.2        | 193         | 2510         | 92.0        | 25          |
|      | ORL          | 2307         | 10.5          | 919          | 1388         | 60.2        | 140         | 2116         | 91.7        | 51          |
|      | ORT          | 1656         | 7.6           | 200          | 1456         | 87.9        | 80          | 1429         | 86.3        | 147         |
|      | URO          | 2103         | 9.6           | 849          | 1254         | 59.6        | 210         | 1720         | 81.8        | 173         |
|      | <b>Total</b> | <b>21872</b> | <b>100.0</b>  | <b>8112</b>  | <b>13760</b> | <b>62.9</b> | <b>947</b>  | <b>19130</b> | <b>87.5</b> | <b>1795</b> |
| 2014 | CCT          | 1369         | 6.3           | 126          | 1243         | 90.8        | 65          | 1084         | 79.2        | 220         |
|      | CG           | 3802         | 17.6          | 1178         | 2624         | 69.0        | 84          | 3098         | 81.5        | 620         |
|      | CPD          | 932          | 4.3           | 543          | 389          | 41.7        | 0           | 805          | 86.4        | 127         |
|      | CPL          | 1308         | 6.1           | 647          | 661          | 50.5        | 7           | 1135         | 86.8        | 166         |
|      | CT           | 616          | 2.9           | 3            | 613          | 99.5        | 29          | 579          | 94.0        | 8           |
|      | CVA          | 1467         | 6.8           | 676          | 791          | 53.9        | 47          | 1292         | 88.1        | 128         |
|      | EST          | 1215         | 5.6           | 1179         | 36           | 3.0         | 106         | 1109         | 91.3        | 0           |
|      | GIN          | 1345         | 6.2           | 507          | 838          | 62.3        | 0           | 1310         | 97.4        | 35          |
|      | NEU          | 1204         | 5.6           | 127          | 1077         | 89.5        | 29          | 1088         | 90.4        | 87          |
|      | OFT          | 2577         | 11.9          | 2253         | 324          | 12.6        | 82          | 2472         | 95.9        | 23          |
|      | ORL          | 2115         | 9.8           | 845          | 1270         | 60.0        | 127         | 1912         | 90.4        | 76          |
|      | ORT          | 1594         | 7.4           | 224          | 1370         | 85.9        | 130         | 1372         | 86.1        | 92          |
|      | URO          | 2062         | 9.5           | 836          | 1226         | 59.5        | 141         | 1745         | 84.6        | 176         |
|      | <b>Total</b> | <b>21606</b> | <b>100.0</b>  | <b>9144</b>  | <b>12462</b> | <b>57.7</b> | <b>847</b>  | <b>19001</b> | <b>87.9</b> | <b>1758</b> |
| 2015 | CCT          | 1333         | 5.50          | 82           | 1251         | 93.8        | 98          | 983          | 73.7        | 252         |
|      | CG           | 4671         | 19.27         | 1481         | 3190         | 68.3        | 102         | 3273         | 70.1        | 1296        |
|      | CPD          | 922          | 3.80          | 457          | 465          | 50.4        | 0           | 752          | 81.6        | 170         |
|      | CPL          | 1376         | 5.70          | 544          | 832          | 60.5        | 43          | 1064         | 77.3        | 269         |
|      | CT           | 573          | 2.36          | 3            | 570          | 99.5        | 43          | 521          | 90.9        | 9           |
|      | CVA          | 1727         | 7.10          | 694          | 1033         | 59.8        | 104         | 1229         | 71.2        | 394         |
|      | EST          | 1271         | 5.20          | 1231         | 40           | 3.1         | 117         | 1153         | 90.7        | 1           |
|      | GIN          | 1399         | 5.77          | 515          | 884          | 63.2        | 13          | 1350         | 96.5        | 36          |
|      | NEU          | 1323         | 5.50          | 137          | 1186         | 89.6        | 86          | 1058         | 80.0        | 179         |
|      | OFT          | 3565         | 14.70         | 3220         | 345          | 9.7         | 286         | 3241         | 90.9        | 38          |
|      | ORL          | 1965         | 8.10          | 800          | 1165         | 59.3        | 133         | 1732         | 88.1        | 100         |
|      | ORT          | 1993         | 8.20          | 247          | 1746         | 87.6        | 147         | 1574         | 79.0        | 272         |
|      | URO          | 2128         | 8.80          | 772          | 1356         | 63.7        | 119         | 1726         | 81.1        | 283         |
|      | <b>Total</b> | <b>24246</b> | <b>100.00</b> | <b>10183</b> | <b>14063</b> | <b>58.0</b> | <b>1291</b> | <b>19656</b> | <b>81.1</b> | <b>3299</b> |

Em todos os três anos, foram feitas mais cirurgias de âmbito convencional do que de âmbito ambulatorio: 62.9%, 57.7% e 58.0% do total, respectivamente, para os anos de 2013, 2014 e 2015. Cirurgia Cardiorácica (CCT), Cirurgia Torácica (CT), Neurocirurgia (NEU) e Ortope-

dia (ORT) são serviços cirúrgicos que apresentam percentagens de cirurgias de âmbito convencional superiores a 85.0%. Em 2013, 84.7% das intervenções cirúrgicas de Cirurgia Geral (CG) são de âmbito convencional, no entanto, essa percentagem diminui significativamente, nos dois anos seguintes. Estomatologia (EST) e Oftalmologia (OFT) são as únicas especialidades que possuem, maioritariamente, intervenções cirúrgicas de âmbito ambulatorio. No ano de 2014, CPD apresenta uma percentagem de cirurgias de âmbito convencional de apenas 41.7% .

A produção da esmagadora maioria das intervenções cirúrgicas é programada, sendo superior a 80.0%, em cada um dos anos. Para cada serviço, em qualquer um dos anos, a percentagem de cirurgias programadas é superior a 70.0%.

Na tabela 3.3, apresentam-se os registos históricos cirúrgicos das semanas em análise nesta dissertação: 01-02-2016 a 05-02-2016 e 18-04-2016 a 22-04-2016, para cada um dos serviços em estudo. Por simplicidade, a semana de 01-02-2016 a 05-02-2016 será referida como a primeira semana e a de 18-04-2016 a 22-04-2016 como a segunda semana.

Tabela 3.3: Registos históricos das semanas de 01-02-2016 a 05-02-2016 e de 18-04-2016 a 22-04-2016

|                         | Serv         | NC         | NC (%)        | Âmbito     |            |             | Produção  |            |             |           |
|-------------------------|--------------|------------|---------------|------------|------------|-------------|-----------|------------|-------------|-----------|
|                         |              |            |               | Amb        | Conv       | Conv (%)    | Adic      | Prog       | Prog (%)    | Urg       |
| 01-02-2016 a 05-02-2016 | CCT          | 27         | 6.11          | 4          | 23         | 85.2        | 0         | 22         | 81.5        | 5         |
|                         | CG           | 74         | 16.74         | 21         | 53         | 71.6        | 0         | 59         | 79.7        | 15        |
|                         | CPD          | 22         | 4.98          | 13         | 9          | 40.9        | 0         | 22         | 100.0       | 0         |
|                         | CPL          | 30         | 6.80          | 14         | 16         | 53.3        | 4         | 22         | 73.3        | 4         |
|                         | CT           | 10         | 2.26          | 0          | 10         | 100.0       | 0         | 10         | 100.0       | 0         |
|                         | CVA          | 19         | 4.30          | 8          | 11         | 57.9        | 3         | 16         | 84.2        | 0         |
|                         | EST          | 22         | 4.98          | 19         | 3          | 13.6        | 0         | 22         | 100.0       | 0         |
|                         | GIN          | 27         | 6.11          | 9          | 18         | 66.7        | 0         | 27         | 100.0       | 0         |
|                         | NEU          | 28         | 6.33          | 8          | 20         | 71.4        | 2         | 26         | 92.9        | 0         |
|                         | OFT          | 60         | 13.57         | 54         | 6          | 10.0        | 5         | 55         | 91.7        | 0         |
|                         | ORL          | 35         | 7.92          | 12         | 23         | 65.7        | 6         | 28         | 80.0        | 1         |
|                         | ORT          | 44         | 9.95          | 12         | 32         | 72.7        | 4         | 37         | 84.1        | 3         |
|                         | URO          | 44         | 9.95          | 15         | 29         | 65.9        | 4         | 36         | 81.8        | 4         |
|                         | <b>Total</b> | <b>442</b> | <b>100.00</b> | <b>189</b> | <b>253</b> | <b>57.2</b> | <b>28</b> | <b>382</b> | <b>86.4</b> | <b>32</b> |
| 18-04-2016 a 22-04-2016 | CCT          | 24         | 5.08          | 0          | 24         | 100.0       | 0         | 17         | 70.8        | 7         |
|                         | CG           | 84         | 17.80         | 27         | 57         | 67.9        | 0         | 63         | 75.0        | 21        |
|                         | CPD          | 20         | 4.24          | 16         | 4          | 20.0        | 0         | 19         | 95.0        | 1         |
|                         | CPL          | 37         | 7.84          | 16         | 21         | 56.8        | 4         | 28         | 75.7        | 5         |
|                         | CT           | 9          | 1.91          | 0          | 9          | 100.0       | 0         | 9          | 100.0       | 0         |
|                         | CVA          | 31         | 6.57          | 14         | 17         | 54.8        | 3         | 23         | 74.2        | 5         |
|                         | EST          | 21         | 4.45          | 21         | 0          | 0.0         | 0         | 21         | 100.0       | 0         |
|                         | GIN          | 15         | 3.18          | 4          | 11         | 73.3        | 0         | 15         | 100.0       | 0         |
|                         | NEU          | 23         | 4.87          | 2          | 21         | 91.3        | 4         | 16         | 69.6        | 3         |
|                         | OFT          | 88         | 18.64         | 78         | 10         | 11.4        | 5         | 83         | 94.3        | 0         |
|                         | ORL          | 40         | 8.47          | 21         | 19         | 47.5        | 8         | 31         | 77.5        | 1         |
|                         | ORT          | 36         | 7.63          | 1          | 35         | 97.2        | 2         | 29         | 80.6        | 5         |
|                         | URO          | 44         | 9.32          | 18         | 26         | 59.1        | 0         | 40         | 90.9        | 4         |
|                         | <b>Total</b> | <b>472</b> | <b>100.00</b> | <b>218</b> | <b>254</b> | <b>53.8</b> | <b>26</b> | <b>394</b> | <b>83.5</b> | <b>52</b> |

Nas primeira e segunda semanas foram realizadas, no total, 467 e 481 intervenções cirúrgicas,

respectivamente, das quais 442 e 472, por esta ordem, dizem respeito às especialidades em análise, neste trabalho.

Cirurgia Geral (CG) e Oftalmologia (OFT) são as especialidades com maior número de intervenções cirúrgicas registadas. CG conta com 16.74% e 17.80% e OFT com 13.57% e 18.64% do total de cirurgias, respectivamente, para as primeira e segunda semanas.

A percentagem de cirurgias realizadas de âmbito convencional é de 57.2%, na primeira semana, e de 53.8%, na segunda semana, sensivelmente metade do total. Mais de 85.0% das intervenções cirúrgicas de Cirurgia Cardiorádica (CCT) e de Cirurgia Torádica (CT) são de âmbito convencional, sendo a maioria das intervenções cirúrgicas de Cirurgia Pediátrica (CPD), Estomatologia (EST) e de Oftalmologia (OFT) de âmbito ambulatorio. Na segunda semana, Otorrinolaringologia (ORL) contém somente 47.5% de cirurgias de âmbito convencional.

Em ambas as semanas e em cada um dos serviços, as cirurgias programadas são a grande maioria das intervenções cirúrgicas realizadas.

Por fim, a informação relativa aos registos históricos cirúrgicos dos anos de 2013, 2014 e 2015 e das semanas de 01-02-2016 a 05-02-2016 e de 18-04-2016 a 22-04-2016 é reunida na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Registo histórico dos 3 anos e 2 semanas

| Serv         | NC           | NC (%)       | Âmbito       |              |             | Produção    |              |             |             |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
|              |              |              | Amb          | Conv         | Conv (%)    | Adic        | Prog         | Prog (%)    | Urg         |
| <b>CCT</b>   | 3917         | 5.7          | 213          | 3704         | 94.6        | 163         | 3029         | 77.3        | 725         |
| <b>CG</b>    | 12222        | 17.8         | 3255         | 8967         | 73.4        | 403         | 9193         | 75.2        | 2626        |
| <b>CPD</b>   | 2922         | 4.3          | 1522         | 1400         | 47.9        | 0           | 2517         | 86.1        | 405         |
| <b>CPL</b>   | 4074         | 5.9          | 1843         | 2231         | 54.8        | 60          | 3508         | 86.1        | 506         |
| <b>CT</b>    | 1713         | 2.5          | 6            | 1707         | 99.6        | 72          | 1619         | 94.5        | 22          |
| <b>CVA</b>   | 4833         | 7.0          | 1758         | 3075         | 63.6        | 194         | 3935         | 81.4        | 704         |
| <b>EST</b>   | 3678         | 5.4          | 3545         | 133          | 3.6         | 249         | 3426         | 93.1        | 3           |
| <b>GIN</b>   | 4189         | 6.1          | 1595         | 2594         | 61.9        | 13          | 4076         | 97.3        | 100         |
| <b>NEU</b>   | 3906         | 5.7          | 392          | 3514         | 90.0        | 163         | 3372         | 86.3        | 371         |
| <b>OFT</b>   | 9018         | 13.1         | 7946         | 1072         | 11.9        | 571         | 8361         | 92.7        | 86          |
| <b>ORL</b>   | 6462         | 9.4          | 2597         | 3865         | 59.8        | 414         | 5819         | 90.0        | 229         |
| <b>ORT</b>   | 5323         | 7.8          | 684          | 4639         | 87.2        | 363         | 4441         | 83.4        | 519         |
| <b>URO</b>   | 6381         | 9.3          | 2490         | 3891         | 61.0        | 474         | 5267         | 82.5        | 640         |
| <b>Total</b> | <b>68638</b> | <b>100.0</b> | <b>27846</b> | <b>40792</b> | <b>59.4</b> | <b>3139</b> | <b>58563</b> | <b>85.3</b> | <b>6936</b> |

Durante os três anos e duas semanas, foram realizadas 72957 cirurgias, 68638 das quais correspondem aos 13 serviços em estudo.

Cirurgia Geral (CG) e Oftalmologia (OFT) contam com 17.8% e 13.1% do número total de cirurgias realizadas, na devida ordem, sendo as especialidades cirúrgicas com a percentagem mais elevada de intervenções cirúrgicas registadas.

59.4% das intervenções cirúrgicas registadas são de âmbito convencional e a percentagem de cirurgias realizadas de âmbito convencional é próxima de 100.0%, nos serviços de Cirurgia Cardiorádica (CCT) e de Cirurgia Torádica (CT). As especialidades de Estomatologia (EST) e de Oftalmologia (OFT) contam com menos de 12.0% de cirurgias de âmbito convencional e Cirurgia Pediátrica (CPD) tem mais de 50.0% de cirurgias de âmbito ambulatorio.

85.3% das cirurgias são programadas e todos os serviços apresentam percentagens de cirurgias programadas superiores a 75.0%.

Após analisar as tabelas 3.2, 3.3 e 3.4, conclui-se que a informação existente nas mesmas é idêntica: Cirurgia Geral (CG) e Oftalmologia (OFT) são os serviços cirúrgicos com o maior número de intervenções cirúrgicas registado; as cirurgias de âmbito convencional apresentam uma percentagem superior às de âmbito ambulatorio, apesar de Estomatologia (EST) e Oftalmologia (OFT) contarem com percentagens muito baixas de cirurgias desse âmbito (inferiores a 14.2%) e, em todas as especialidades, as cirurgias programadas são a grande maioria das intervenções cirúrgicas realizadas.

### 3.2.2 Listas de Espera

Quando um paciente entra em lista de espera, são recolhidas informações como o número de doente, a data de nascimento, o género, o número em LIC, a data de inclusão em LIC, a prioridade associada à respectiva intervenção cirúrgica, o âmbito, o serviço e o código do procedimento cirúrgico, o estado actual do paciente e o número identificativo do médico proponente.

Alcançado o tempo máximo de espera legalmente estabelecido para a cirurgia no SNS, sem que a cirurgia tenha sido realizada, é emitido um Vale Cirurgia (VC)<sup>1</sup>, para que a intervenção cirúrgica do utente possa ser realizada em hospitais convencionados ou sociais com acordo com o SNS, ou uma Nota de Transferência (NT) entre hospitais do SNS. Se o paciente recusar o VC, dentro do respectivo prazo de validade, e apresentar um motivo plausível para a devolução do mesmo, regressa à lista de espera do SNS, na mesma posição.

Um utente pode ter mais do que uma cirurgia em lista de espera e, por isso, possuir mais do que um número em LIC associado, mas o seu número de doente é sempre o mesmo. Apesar do estado actual do paciente que aguarda por cirurgia poder ser *Inscrito*, *Pedido de devolução* ou *VC/NT emitido*, apenas serão considerados os utentes cujo estado actual é *Inscrito*.

Nesta secção, as semanas de 01-02-2016 a 05-02-2016 e de 18-04-2016 a 22-04-2016 designadas, respectivamente, por primeira e segunda semanas são compostas por 5 dias úteis. As listas de inscritos para cirurgia referentes a 29-01-2016 e a 15-04-2016 são denominadas por LIC1 e LIC2, pela ordem indicada.

A elevada dimensão das listas de inscritos para cirurgia faz com que seja difícil cumprir os prazos para a realização das intervenções cirúrgicas, impostos pelo SNS. Na tabela 3.5, é possível observar que a LIC2 apresenta um número de utentes a aguardar por uma cirurgia superior ao da LIC1.

Tabela 3.5: Dimensão da LIC1 e da LIC2 considerando apenas as treze especialidades em estudo

| Data da última inscrição em lista de espera | Nº de inscritos para cirurgia |
|---------------------------------------------|-------------------------------|
| 29-01-2016                                  | 6712                          |
| 15-04-2016                                  | 7299                          |

A data de entrada em lista de espera do último inscrito para cirurgia corresponde, em

<sup>1</sup>Os Vales Cirurgia foram inseridos, no SNS, em 2004, com a criação do Sistema Integrado de Gestão de Inscritos para Cirurgia (SIGIC).

ambas as LIC utilizadas nesta dissertação, a uma Sexta-feira, dado que o planeamento cirúrgico da semana seguinte é feito na Sexta-feira da semana anterior. A LIC1 e a LIC2 apresentam, respectivamente, 6712 e 7299 utentes a aguardar por cirurgia.

Na tabela 3.6, podem observar-se 7 colunas: Serviço (**Serv**), Número de Cirurgias (**NC**), Número de Cirurgias em percentagem (**NC (%)**), Âmbito Ambulatório (**Amb**), Âmbito Ambulatório em percentagem (**Amb (%)**), Âmbito Convencional (**Conv**) e Âmbito Convencional em percentagem (**Conv (%)**), por esta ordem, para cada uma das listas de espera.

Tabela 3.6: Listas de espera

|            | Serv         | NC          | NC (%)        | Âmbito      |             |             |             |
|------------|--------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|            |              |             |               | Amb         | Amb (%)     | Conv        | Conv (%)    |
| 29-01-2016 | CCT          | 173         | 2.58          | 14          | 8.1         | 159         | 91.9        |
|            | CG           | 488         | 7.27          | 165         | 33.8        | 323         | 66.2        |
|            | CPD          | 243         | 3.62          | 172         | 70.8        | 71          | 29.2        |
|            | CPL          | 534         | 7.96          | 205         | 38.4        | 329         | 61.6        |
|            | CT           | 110         | 1.64          | 1           | 0.9         | 109         | 99.1        |
|            | CVA          | 830         | 12.37         | 512         | 61.7        | 318         | 38.3        |
|            | EST          | 411         | 6.12          | 382         | 92.9        | 29          | 7.1         |
|            | GIN          | 182         | 2.71          | 20          | 11.0        | 162         | 89.0        |
|            | NEU          | 705         | 10.50         | 42          | 6.0         | 663         | 94.0        |
|            | OFT          | 1052        | 15.67         | 1018        | 96.8        | 34          | 3.2         |
|            | ORL          | 606         | 9.03          | 231         | 38.1        | 375         | 61.9        |
|            | ORT          | 816         | 12.16         | 184         | 22.5        | 632         | 77.5        |
|            | URO          | 562         | 8.37          | 277         | 49.3        | 285         | 50.7        |
|            | <b>Total</b> | <b>6712</b> | <b>100.00</b> | <b>3223</b> | <b>48.0</b> | <b>3489</b> | <b>52.0</b> |
| 15-04-2016 | CCT          | 173         | 2.4           | 13          | 7.5         | 160         | 92.5        |
|            | CG           | 556         | 7.6           | 164         | 29.5        | 392         | 70.5        |
|            | CPD          | 239         | 3.3           | 166         | 69.5        | 73          | 30.5        |
|            | CPL          | 543         | 7.4           | 240         | 44.2        | 303         | 55.8        |
|            | CT           | 85          | 1.2           | 1           | 1.2         | 84          | 98.8        |
|            | CVA          | 1038        | 14.2          | 636         | 61.3        | 402         | 38.7        |
|            | EST          | 408         | 5.6           | 381         | 93.4        | 27          | 6.6         |
|            | GIN          | 166         | 2.3           | 15          | 9.0         | 151         | 91.0        |
|            | NEU          | 791         | 10.8          | 52          | 6.6         | 739         | 93.4        |
|            | OFT          | 1111        | 15.2          | 1060        | 95.4        | 51          | 4.6         |
|            | ORL          | 669         | 9.2           | 258         | 38.6        | 411         | 61.4        |
|            | ORT          | 937         | 12.8          | 188         | 20.1        | 749         | 79.9        |
|            | URO          | 583         | 8.0           | 273         | 46.8        | 310         | 53.2        |
|            | <b>Total</b> | <b>7299</b> | <b>100.0</b>  | <b>3447</b> | <b>47.2</b> | <b>3852</b> | <b>52.8</b> |

Oftalmologia (OFT), Cirurgia Vascular (CVA) e Ortopedia (ORT) são as especialidades cirúrgicas com o maior número de inscritos a aguardar por cirurgia. OFT apresenta 15.67% e 15.2%, CVA conta com 12.37% e 14.2% e ORT tem 12.16% e 12.8% do total de cirurgias em lista de espera, respectivamente, para as LIC1 e LIC2.

Em ambas as LIC, há mais cirurgias de âmbito convencional do que de âmbito ambulatório. As intervenções cirúrgicas de âmbito convencional contam com 52.0% e 52.8% do total, na LIC1 e na LIC2, na devida ordem. Cirurgia Torácica (CT), Neurocirurgia (NEU), Cirurgia

Cardiotorácica (CCT) e Ginecologia (GIN) são os serviços cirúrgicos com percentagens mais elevadas de cirurgias de âmbito convencional (superiores a 89.0%, nas duas LIC). Oftalmologia (OFT) e Estomatologia (EST) são os serviços cirúrgicos com maior número de cirurgias de âmbito ambulatorio (percentagens superiores a 92.0%, nas duas listas).

A última tabela desta secção é constituída por 14 colunas: as primeira e última colunas dizem respeito, por esta ordem, ao Serviço (**Serv**) e ao Número Total de Cirurgias (**NC Total**) e as restantes colunas correspondem aos Número de Cirurgias (**NC**), Número de Cirurgias em percentagem (**NC (%)**), Número de Cirurgias cujo prazo adequado para realização já foi ultrapassado (**FP**) e Número de Cirurgias cujo prazo adequado para realização já foi ultrapassado em percentagem (**FP (%)**), para os níveis de prioridade 1, 2 e 3.

Ao analisar uma LIC, numa Sexta-feira, considera-se que o prazo de uma intervenção cirúrgica se encontra ultrapassado, se o tempo clinicamente aceitável para a realização da mesma for atingido antes da Segunda-feira seguinte. Nas LIC analisadas, todas as cirurgias de urgência diferida entraram em lista de espera na Sexta-feira em que foi realizado o planeamento cirúrgico, logo não existem cirurgias com nível de prioridade 4 cujo prazo adequado para realização já esteja ultrapassado na Segunda-feira seguinte. Devido ao reduzido número de intervenções cirúrgicas de urgência diferida, em lista de espera, e à inexistência, neste trabalho, de cirurgias desse tipo cujo prazo adequado para realização se encontre ultrapassado, não se incluiu o nível de prioridade 4 na tabela 3.7.

A última coluna, **NC Total**, inclui, também, as cirurgias com nível de prioridade 4. Uma vez que só existem quatro níveis de prioridade, é possível deduzir quantas cirurgias de urgência diferida estão em LIC, subtraindo ao **NC Total** a soma do número de cirurgias cujo nível de prioridade é inferior a 4. À excepção de Ortopedia (ORT), o **NC Total** coincide com a soma das cirurgias de nível 1, 2 e 3 em lista de espera, o que significa que ORT é a única especialidade com intervenções cirúrgicas de urgência diferida em LIC. A 29-01-2016 e a 15-04-2016, encontram-se, em lista de espera, respectivamente,  $816 - (808 + 5 + 1) = 2$  e  $937 - (920 + 8 + 5) = 4$  cirurgias com nível de prioridade 4.

Em ambas as LIC, a percentagem de cirurgias com nível de prioridade 1 é superior a 95.0%. Uma vez que o tempo clinicamente aceitável para a realização duma intervenção cirúrgica cresce com o aumento do nível de prioridade, a percentagem de cirurgias cujo prazo adequado para realização já foi ultrapassado é tanto maior quanto maior for o nível de prioridade, sem contar com o nível de prioridade 4.

Tabela 3.7: Níveis de prioridade

|            |       | Nível de prioridade |       |           |      |           |      |           |      |           |     |           |       | NC<br>Total |
|------------|-------|---------------------|-------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|-----|-----------|-------|-------------|
|            |       | 1                   |       |           |      | 2         |      |           |      | 3         |     |           |       |             |
|            |       | Serv                | NC    | NC<br>(%) | FP   | FP<br>(%) | NC   | NC<br>(%) | FP   | FP<br>(%) | NC  | NC<br>(%) | FP    |             |
| 29-01-2016 | CCT   | 33                  | 19.1  | 3         | 9.1  | 123       | 71.1 | 51        | 41.5 | 17        | 9.8 | 9         | 52.9  | 173         |
|            | CG    | 476                 | 97.5  | 5         | 1.1  | 12        | 2.5  | 1         | 8.3  | 0         | 0.0 | -         | -     | 488         |
|            | CPD   | 240                 | 98.8  | 0         | 0.0  | 3         | 1.2  | 0         | 0.0  | 0         | 0.0 | -         | -     | 243         |
|            | CPL   | 521                 | 97.6  | 180       | 34.5 | 13        | 2.4  | 2         | 15.4 | 0         | 0.0 | -         | -     | 534         |
|            | CT    | 72                  | 65.5  | 0         | 0.0  | 38        | 34.5 | 4         | 10.5 | 0         | 0.0 | -         | -     | 110         |
|            | CVA   | 787                 | 94.8  | 95        | 12.1 | 30        | 3.6  | 8         | 26.7 | 13        | 1.6 | 4         | 30.8  | 830         |
|            | EST   | 411                 | 100.0 | 13        | 3.2  | 0         | 0.0  | -         | -    | 0         | 0.0 | -         | -     | 411         |
|            | GIN   | 170                 | 93.4  | 2         | 1.2  | 11        | 6.0  | 1         | 9.1  | 1         | 0.5 | 1         | 100.0 | 182         |
|            | NEU   | 677                 | 96.0  | 208       | 30.7 | 16        | 2.3  | 3         | 18.8 | 12        | 1.7 | 2         | 16.7  | 705         |
|            | OFT   | 1048                | 99.6  | 2         | 0.2  | 3         | 0.3  | 1         | 33.3 | 1         | 0.1 | 0         | 0.0   | 1052        |
|            | ORL   | 602                 | 99.3  | 18        | 3.0  | 4         | 0.7  | 1         | 25.0 | 0         | 0.0 | -         | -     | 606         |
|            | ORT   | 808                 | 99.0  | 116       | 14.4 | 5         | 0.6  | 2         | 40.0 | 1         | 0.1 | 0         | 0.0   | 816         |
|            | URO   | 550                 | 97.9  | 49        | 8.9  | 11        | 2.0  | 6         | 54.5 | 1         | 0.2 | 1         | 100.0 | 562         |
|            | Total | 6395                | 95.3  | 691       | 10.8 | 269       | 4.0  | 80        | 29.7 | 46        | 0.7 | 17        | 37.0  | 6712        |
| 15-04-2016 | CCT   | 80                  | 46.2  | 2         | 2.5  | 90        | 52.0 | 36        | 40.0 | 3         | 1.7 | 0         | 0.0   | 173         |
|            | CG    | 543                 | 97.7  | 19        | 3.5  | 13        | 2.3  | 4         | 30.8 | 0         | 0.0 | -         | -     | 556         |
|            | CPD   | 238                 | 99.6  | 0         | 0.0  | 0         | 0.0  | -         | -    | 1         | 0.4 | 0         | 0.0   | 239         |
|            | CPL   | 527                 | 97.1  | 128       | 24.3 | 14        | 2.6  | 1         | 7.1  | 2         | 0.4 | 1         | 50.0  | 543         |
|            | CT    | 60                  | 70.6  | 0         | 0.0  | 25        | 29.4 | 2         | 8.0  | 0         | 0.0 | -         | -     | 85          |
|            | CVA   | 988                 | 95.2  | 198       | 20.0 | 36        | 3.5  | 20        | 55.6 | 14        | 1.3 | 8         | 57.1  | 1038        |
|            | EST   | 407                 | 99.8  | 22        | 5.4  | 0         | 0.0  | -         | -    | 1         | 0.2 | 1         | 100.0 | 408         |
|            | GIN   | 160                 | 96.4  | 4         | 2.5  | 5         | 3.0  | 0         | 0.0  | 1         | 0.6 | 0         | 0.0   | 166         |
|            | NEU   | 771                 | 97.5  | 269       | 34.9 | 13        | 1.6  | 5         | 38.5 | 7         | 0.9 | 0         | 0.0   | 791         |
|            | OFT   | 1107                | 99.6  | 8         | 0.7  | 4         | 0.4  | 0         | 0.0  | 0         | 0.0 | -         | -     | 1111        |
|            | ORL   | 647                 | 96.7  | 22        | 3.4  | 22        | 3.3  | 1         | 4.5  | 0         | 0.0 | -         | -     | 669         |
|            | ORT   | 920                 | 98.2  | 211       | 22.9 | 8         | 0.9  | 6         | 75.0 | 5         | 0.5 | 3         | 60.0  | 937         |
|            | URO   | 574                 | 98.5  | 53        | 9.2  | 7         | 1.2  | 3         | 42.9 | 2         | 0.3 | 2         | 100.0 | 583         |
|            | Total | 7022                | 96.2  | 936       | 13.3 | 237       | 3.2  | 78        | 32.9 | 36        | 0.5 | 15        | 41.7  | 7299        |



## Capítulo 4

# Heurística Desenvolvida

Neste capítulo, explica-se a metodologia de resolução utilizada, assim como ambas as fases (construtiva e de melhoramento) da heurística desenvolvida, com vista à obtenção, em tempo útil, de soluções admissíveis de boa qualidade para o problema em estudo.

### 4.1 Metodologia de Resolução

Com o intuito de conseguir, em pouco tempo, soluções admissíveis para o problema em causa, desenvolveu-se uma heurística composta por duas fases: uma construtiva e outra de melhoramento. Através da fase construtiva da heurística, obtém-se uma solução admissível inicial para o problema, sendo esta melhorada através da aplicação da fase de melhoramento da heurística, onde é realizada uma pesquisa local (trocas e inserções) em determinadas vizinhanças, até não ser possível melhorar a solução com as estruturas de vizinhanças estipuladas.

Uma solução admissível é tanto melhor quanto mais próxima estiver duma solução óptima do problema. A pesquisa local conduz-nos à melhor solução admissível no conjunto das vizinhanças consideradas, podendo esta ser uma solução óptima do problema ou um óptimo local. No último caso, a heurística de melhoramento não é capaz de melhorar a solução admissível.

No problema em estudo que é o agendamento de cirurgias electivas, o objectivo é reduzir a dimensão da lista de espera e portanto é necessário agendar o maior número possível de cirurgias. Assim, devem ser escolhidas primeiro as cirurgias com menor duração, visto que o tempo total é fixo. Primeiro têm sempre que ser verificados os critérios do SIGIC: prioridade e antiguidade na lista. Portanto, quando há um empate entre intervenções cirúrgicas na lista com a mesma antiguidade e prioridade opta-se pela mais curta.

Para escrever, em pseudo-código, os algoritmos da fase construtiva e da fase de melhoramento da heurística, presentes nos subcapítulos seguintes, foi necessário definir alguns parâmetros e conjuntos. Nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 encontra-se a notação utilizada.

Os parâmetros associados à idade do paciente da cirurgia  $c$ ,  $i_c$ , e ao âmbito da cirurgia  $c$ ,  $amb_c$ , são necessários somente para o agendamento de cirurgias no Bloco Operatório de Otorrinolaringologia, à Sexta-feira, e para a marcação de cirurgias no Bloco Ambulatório de Urologia, respectivamente, pelo que serão ocultados dos pseudo-códigos para simplificar a escrita e a leitura dos mesmos.

Tabela 4.1: Conjuntos e índices

|             |                                           |
|-------------|-------------------------------------------|
| $c \in C$   | Cirurgias electivas em LIC                |
| $s \in S$   | Serviços cirúrgicos                       |
| $n \in N$   | Pacientes                                 |
| $h \in H$   | Cirurgiões                                |
| $d \in D$   | Dias disponíveis para marcar cirurgias    |
| $b \in B_s$ | Blocos de tempo associados ao serviço $s$ |

Tabela 4.2: Subconjuntos

|          |                                                                     |
|----------|---------------------------------------------------------------------|
| $C^P$    | Cirurgias urgentes diferidas ou de prioridade 4                     |
| $C^{NP}$ | Cirurgias cujo nível de prioridade é diferente de 4                 |
| $C_s$    | Cirurgias em lista de espera para o serviço $s$                     |
| $PA_s$   | Pacientes com uma cirurgia agendada para o serviço $s$              |
| $CN$     | Cirurgias electivas urgentes diferidas não agendadas                |
| $CN_s$   | Cirurgias electivas urgentes diferidas do serviço $s$ não agendadas |

Tabela 4.3: Parâmetros da heurística

|              |                                                                                                |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $dd_c$       | Data limite para realização da cirurgia $c$ dentro das condições medicamente aceitáveis        |
| $d_1$        | Primeiro dia do horizonte temporal de planeamento                                              |
| $wl_c$       | Número de dias em LIC da cirurgia $c$ no dia $d_1$                                             |
| $wl_c^{max}$ | Número máximo de dias que a cirurgia $c$ pode estar em LIC                                     |
| $s_c$        | Serviço cirúrgico da cirurgia $c$                                                              |
| $n_c$        | Paciente associado à cirurgia $c$                                                              |
| $h_c$        | Cirurgião proponente da cirurgia $c$                                                           |
| $p_c$        | Nível de prioridade da cirurgia $c$                                                            |
| $t_c^{sala}$ | Tempo previsto em sala da cirurgia $c$ (em minutos)                                            |
| $t_c^{cir}$  | Duração prevista da cirurgia $c$ (em minutos)                                                  |
| $t^{lim}$    | Tempo de higienização da sala após cada cirurgia (em minutos)                                  |
| $a_{bd}^s$   | 1, se o bloco de tempo $b$ no dia $d$ está afecto ao serviço cirúrgico $s$ ; 0, caso contrário |
| $k_{bd}$     | Capacidade disponível do bloco de tempo $b$ no dia $d$ (em minutos)                            |
| $k_{hd}$     | Capacidade disponível do cirurgião $h$ para operar no dia $d$ (em minutos)                     |
| $k_h$        | Capacidade semanal disponível do cirurgião $h$ para operar (em minutos)                        |

Na notação definida, o horizonte temporal de planeamento diz respeito aos dias úteis de uma semana ( $|D|=5$ ) e segundo os *MSS*, em cada dia, existem 28 salas disponíveis para marcação de cirurgias electivas. Como são consideradas 13 especialidades cirúrgicas, vem  $|S|=13$ . De notar que  $C^P \cap C^{NP} = \emptyset$  e  $C^P \cup C^{NP} = C$ .

Se se definir  $de_c$  como a data de entrada da cirurgia  $c$  em LIC, vem  $wl_c = d_1 - de_c$  e  $dd_c = de_c + wl_c^{max}$ ,  $\forall c \in C$ , com

$$wl_c^{max} = \begin{cases} 3, & \text{se } p_c = 4 \\ 15, & \text{se } p_c = 3 \\ 60, & \text{se } p_c = 2 \\ 270, & \text{se } p_c = 1. \end{cases} \quad (4.1)$$

## 4.2 Fase Construtiva

Um bloco de tempo encontra-se disponível para a marcação duma cirurgia se:

- O serviço cirúrgico a que o bloco de tempo está afecto no *MSS* coincide com a especialidade da cirurgia que se pretende agendar;
- O seu tempo livre é suficiente para ser agendada a cirurgia, contabilizando a duração total em sala da mesma e o tempo de limpeza;
- Os limites diário e semanal de horas de trabalho em cirurgia do cirurgião proponente não são ultrapassados.

Se pelo menos uma das condições acima não for verificada, o bloco de tempo não está disponível para a cirurgia em causa, logo a intervenção cirúrgica não pode ser agendada para esse bloco de tempo. Caso contrário, a intervenção cirúrgica é agendada, os parâmetros relativos ao bloco de tempo e ao cirurgião responsável, assim como a agenda cirúrgica semanal, são actualizados e a cirurgia sai da lista de espera.

A fase construtiva da heurística tem como objectivo inicial o agendamento obrigatório das cirurgias urgentes diferidas para um bloco de tempo disponível à Segunda-feira. Neste estudo, as intervenções cirúrgicas com nível de prioridade 4 cuja data de entrada em lista de espera difira da Sexta-feira de planeamento não são consideradas<sup>1</sup>.

Sejam *CN* o conjunto das cirurgias electivas urgentes diferidas não agendadas após a execução da fase construtiva da heurística, por falta de blocos de tempo disponíveis à Segunda-feira, e *PA* o conjunto dos doentes com uma cirurgia agendada. Apesar de não ser desejável, após a execução da fase construtiva da heurística, podem existir cirurgias com nível de prioridade 4 por agendar, devido à falta de blocos de tempo disponíveis à Segunda-feira, isto é,  $CN \neq \emptyset$  e, como não podem ser agendadas para outra data, não existirá uma solução admissível para o problema em estudo. No entanto, há forma de contornar esta situação se, por exemplo, essas mesmas cirurgias forem encaminhadas para as salas dos blocos operatórios que realizam cirurgias urgentes e, assim sendo, mesmo com uma solução não admissível para o problema, obtém-se uma agenda cirúrgica semanal que pode ser melhorada com a heurística de melhoramento desenvolvida. Para diminuir o risco de programar cirurgias que não possam ser realizadas, neste estudo não é possível um doente ter mais do que uma cirurgia agendada para o mesmo horizonte temporal de planeamento.

O ideal seria agendar, à Sexta-feira, todas as cirurgias pertencentes aos utentes em LIC, para a semana útil seguinte, no entanto, devido à elevada dimensão das listas de espera, isso não é possível. Assim sendo, a selecção das intervenções cirúrgicas a realizar, no horizonte temporal de planeamento, deve ser feita respeitando os dois critérios de equidade, definidos pelo SIGIC, para o agendamento de cirurgias electivas: prioridade e antiguidade.

No âmbito deste trabalho, a todas as intervenções cirúrgicas dos utentes em LIC é associado um peso e, posteriormente, essas cirurgias são ordenadas por ordem decrescente do mesmo e

---

<sup>1</sup>Como o tempo clinicamente aceitável para a realização das cirurgias urgentes diferidas (nível de prioridade 4) é 72 horas e o agendamento para a semana útil seguinte é feito à Sexta-feira, as intervenções cirúrgicas com esse nível de prioridade que entraram em LIC numa data anterior à Sexta-feira de planeamento não podem esperar até Segunda-feira, precisando de ter sido realizadas antes.

agendadas por essa ordem nos blocos de tempo disponíveis, tendo em conta as restrições do problema em estudo. Em caso de empate, visto que o objectivo da heurística é marcar o maior número possível de cirurgias, escolhe-se a intervenção cirúrgica cujo tempo em sala é menor.

Uma intervenção cirúrgica é tão mais prioritária quanto maior for o seu peso. Para garantir que o peso associado às cirurgias com nível de prioridade 4 é o maior de todos, atribui-se o valor 9999999 ao peso das mesmas. Para as restantes cirurgias, o peso depende dos respectivos nível de prioridade ( $p_c$ ) e número de dias em lista de espera para lá do tempo máximo de resposta - TMR, no primeiro dia do horizonte temporal de planeamento ( $DU_c$ ):

$$DU_c \begin{cases} > 0, & \text{se o TMR de } c \text{ for ultrapassado antes do 1º dia de planeamento} \\ = 0, & \text{se o TMR de } c \text{ for ultrapassado no 1º dia de planeamento} \\ < 0, & \text{se o TMR de } c \text{ for ultrapassado depois do 1º dia de planeamento.} \end{cases} \quad (4.2)$$

Na tabela 4.4, considera-se que ultrapassar o tempo máximo de resposta em 1 dia nas cirurgias com nível de prioridade 2 e 3 equivale a ultrapassar o tempo máximo de resposta em 4.5 e 18 dias, respectivamente, numa cirurgia com nível de prioridade 1.

Tabela 4.4:  $P_c$  - Peso associado à cirurgia  $c$ , tendo em conta a sua prioridade  $p_c$  e o respectivo  $DU_c$ <sup>1</sup>

|                            | Nível de prioridade |            |           |          |
|----------------------------|---------------------|------------|-----------|----------|
| <b><math>DU_c</math></b>   | <b>1</b>            | <b>2</b>   | <b>3</b>  | <b>4</b> |
| <b><math>&gt; 0</math></b> | $DU_c$              | $4.5*DU_c$ | $18*DU_c$ | -        |
| <b><math>= 0</math></b>    | 0.01                | 0.045      | 0.18      | 9999999  |
| <b><math>&lt; 0</math></b> | $18*DU_c$           | $4.5*DU_c$ | $DU_c$    | -        |

<sup>1</sup>  $DU_c = 0$ , se a data limite para a realização da cirurgia  $c$  coincidir com o primeiro dia do horizonte temporal de planeamento;  $DU_c > 0$ , se o tempo máximo de resposta da intervenção cirúrgica  $c$  já tiver sido ultrapassado no primeiro dia do horizonte temporal de planeamento e  $DU_c < 0$ , se a data limite para a realização da cirurgia  $c$  ainda não tiver sido ultrapassada no primeiro dia do horizonte temporal de planeamento.

Como se pode ler na nota da tabela 4.4,  $DU_c$  toma valores negativos para cirurgias que se encontrem dentro do seu tempo clinicamente aceitável de realização, no primeiro dia do horizonte temporal de planeamento; valores positivos para cirurgias que não se encontrem dentro do seu tempo clinicamente aceitável de realização, no primeiro dia do horizonte temporal de planeamento e é igual a zero para cirurgias cujo tempo máximo de resposta é atingido no primeiro dia do horizonte temporal de planeamento. Consequentemente, o peso  $P_c$  é não negativo quando  $DU_c$  é igual ou superior a zero e é negativo quando  $DU_c$  também o é, independentemente do nível de prioridade das respectivas cirurgias.

Sem contar com as intervenções cirúrgicas urgentes diferidas (cirurgias com nível de prioridade 4), o peso  $P_c$  de uma cirurgia cujo  $DU_c > 0$  é sempre superior ao peso de uma cirurgia cujo  $DU_c = 0$  e o peso de uma cirurgia cujo  $DU_c = 0$  é sempre maior que o peso de uma intervenção cirúrgica cujo  $DU_c < 0$ . Para as intervenções cirúrgicas urgentes diferidas, tem-se sempre  $DU_c = 0$  e  $P_c = 9999999$ . Na tabela 4.5, exemplifica-se o que foi dito neste parágrafo para  $DU_c = 1, 0, -1$ .

Tabela 4.5:  $P_c$  - Peso associado à cirurgia  $c$ , tendo em conta a sua prioridade  $p_c$  e o respectivo  $DU_c$  - Exemplo

|          | Nível de prioridade |                   |             |         |
|----------|---------------------|-------------------|-------------|---------|
| $DU_c^2$ | 1                   | 2                 | 3           | 4       |
| 1        | 1                   | $4.5*1 = 4.5$     | $18*1 = 18$ | -       |
| 0        | 0                   | 0.045             | 0.18        | 9999999 |
| -1       | $18*(-1) = -18$     | $4.5*(-1) = -4.5$ | -1          | -       |

<sup>2</sup> Note-se que para valores negativos de  $DU_c$ , uma cirurgia é tão mais prioritária quanto menor for o valor absoluto do seu peso ( $|P_c|$ ).

Para uma resolução computacional mais simples e rápida, a heurística desenvolvida neste trabalho foi definida para uma especialidade  $s$ , podendo ser aplicada sequencialmente a todos os serviços cirúrgicos. Apesar de não haver cirurgiões afectos a mais do que um serviço cirúrgico, existem pacientes com mais do que uma cirurgia em LIC de diferentes especialidades, o que faz com que a sequência escolhida possa influenciar as agendas cirúrgicas semanais obtidas.

No algoritmo 4.1, o valor associado a cada solução do problema (*valor\_sol*) corresponde ao valor da função objectivo, isto é, ao número de cirurgias agendadas, sendo inicializado a zero no início deste algoritmo e incrementado em uma unidade por cada cirurgia agendada. Neste algoritmo, define-se o tempo livre do bloco de tempo  $b$  ( $t_b^{livre}$ ) e os tempos livres diário e semanal do cirurgião responsável  $h$  ( $t_{hd}^{livre}$  e  $t_h^{livre}$ , na devida ordem).

---

**Algoritmo 4.1** Pseudo-código da fase construtiva da heurística

---

**Input:** Dados definidos nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3.

**Output:** Agenda cirúrgica semanal para o serviço  $s$  e  $CN_s$ .

```

1: Ordenar  $c \in C_s$  por ordem decrescente de  $P_c$ .
2: Inicializar  $valor\_sol = 0$ ,  $t_b^{livre} = k_b$ ,  $t_{hd}^{livre} = k_{hd}$ ,  $t_h^{livre} = k_h$ ,  $CN_s = \emptyset$  e  $PA_s = \emptyset$ .
3: for all  $c \in C_s$  do
4:   for all  $d \in D$  do
5:     if  $\exists$  um bloco de tempo disponível  $b$  para marcar a cirurgia  $c$  and  $n_c \notin PA_s$  then
6:       Marcar a cirurgia  $c$  para o primeiro bloco de tempo disponível  $b$ .
7:        $valor\_sol = valor\_sol + 1$ .
8:        $t_b^{livre} = t_b^{livre} - t_c^{sala} - t_c^{lim}$ .
9:        $t_{hd}^{livre} = t_{hd}^{livre} - t_c^{cir}$ .
10:       $t_h^{livre} = t_h^{livre} - t_c^{cir}$ .
11:       $C_s \leftarrow C_s \setminus \{c\}$ .
12:       $PA_s \leftarrow PA_s \cup \{n_c\}$ .
13:     end if
14:   end for
15: end for
16: for all  $c \in C_s$  do
17:   if  $p_c = 4$  then
18:      $C_s \leftarrow C_s \setminus \{c\}$ .
19:      $CN_s \leftarrow CN_s \cup \{c\}$ .
20:   end if
21: end for

```

---

Repare-se que ao ordenar e agendar as cirurgias por ordem decrescente de peso obriga a que as intervenções cirúrgicas urgentes diferidas sejam analisadas em primeiro lugar.

### 4.3 Fase de Melhoramento

À agenda cirúrgica semanal, obtida após a execução da fase construtiva da heurística, é aplicada a fase de melhoramento da heurística, com o objectivo de obter uma solução de melhor qualidade para o problema em estudo.

A definição de vizinhanças é a base das heurísticas de melhoramento por trocas locais, sendo que uma solução é vizinha doutra se diferir da primeira apenas numa determinada característica. Para a heurística de melhoramento desenvolvida foram criados três conceitos de vizinhança e considerados os dois tipos seguintes de alteração à agenda cirúrgica semanal:

- Troca de cirurgias de sala e/ou dia, para aumentar o tempo livre na sala com mais tempo livre e permitir o agendamento de mais intervenções cirúrgicas;
- Troca de intervenções cirúrgicas agendadas por cirurgias em LIC, para melhorar o valor da função objectivo.

A primeira e a segunda vizinhanças correspondem ao primeiro tipo de alteração à solução (trocas para arranjar mais espaço na sala com mais tempo livre) e a terceira vizinhança diz respeito ao segundo tipo (trocas que aumentam o número de cirurgias agendadas, isto é, melhoram o valor da função objectivo).

---

**Algoritmo 4.2** Pseudo-código da vizinhança  $V^1$ 


---

**Input:** Dados definidos nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3. Agenda cirúrgica semanal para o serviço  $s$ .

**Output:** Nova agenda cirúrgica semanal para o serviço  $s$ .

```

1: mudousol  $\leftarrow$  1.
2: while mudousol = 1 do
3:   for all  $d \in D$  do
4:     while mudousol = 1 do
5:       mudousol  $\leftarrow$  0.
6:       Encontrar o bloco de tempo  $b$  do dia  $d$  com maior  $t_b^{livre}$ .
7:       for all  $b' \neq b$  do
8:         Escolher as cirurgias  $c_1$  marcada em  $b$  e  $c_2$  marcada em  $b'$  que maximizam  $t_b^{livre}$ .
9:         if  $t_b^{livre}$  aumenta then
10:          Desmarcar a cirurgia  $c_1$  do bloco  $b$  e agendá-la no bloco  $b'$ .
11:          Desmarcar a cirurgia  $c_2$  do bloco  $b'$  e agendá-la no bloco  $b$ .
12:           $t_b^{livre} = t_b^{livre} + t_{c_1}^{sala} - t_{c_2}^{sala}$ .
13:           $t_{b'}^{livre} = t_{b'}^{livre} + t_{c_2}^{sala} - t_{c_1}^{sala}$ 
14:          mudousol  $\leftarrow$  1.
15:        end if
16:      end for
17:    end while
18:  end for
19: end while

```

---

Na primeira vizinhança, para cada serviço cirúrgico que se encontre afecto a mais do que um bloco de tempo no mesmo dia, é encontrado o bloco de tempo com mais minutos livres e tenta-se realizar uma troca entre uma cirurgia desse bloco de tempo e uma cirurgia doutro bloco de tempo agendada para o mesmo dia, de forma a maximizar os minutos livres do bloco de tempo com maior tempo livre e permitir a introdução de mais cirurgias da LIC na agenda

cirúrgica semanal. Se ocorrer uma troca, actualiza-se a agenda cirúrgica semanal e o processo repete-se para o mesmo dia; caso contrário, passa-se para o dia seguinte.


$$V^1(a_0) = \{a: a \text{ é uma agenda cirúrgica semanal que difere de } a_0 \text{ na troca entre duas cirurgias marcadas em blocos de tempo diferentes no mesmo dia}\}$$

No algoritmo 4.2, encontra-se o pseudo-código para a pesquisa na primeira vizinhança. Uma vez que se trata duma troca entre duas cirurgias da agenda cirúrgica semanal, a dimensão da agenda não aumenta e, por isso, o valor da solução mantém-se inalterado. Como cada troca envolve um só dia, apenas o valor associado aos minutos livres dos blocos de tempo envolvidos na troca tem de ser actualizado. A troca só é realizada se for favorável e possível, isto é, se os minutos livres da sala com maior tempo livre aumentarem e se se verificar a seguinte condição:

- O serviço cirúrgico afecto aos dois blocos de tempo implicados na troca é o mesmo e a capacidade disponível de ambos não é excedida com a troca.

No caso de se tratar da especialidade de Cirurgia Geral (CG), como as estimativas de duração em sala e em cirurgia são diferentes nos blocos operatórios 2 e 3, os valores dos parâmetros que dizem respeito aos limites diário e semanal dos cirurgiões responsáveis pelas cirurgias envolvidas na troca também podem ser alterados e é necessário garantir que nenhum dos limites é excedido com a mesma, para que a troca seja possível.

Na figura 4.1, exemplifica-se uma troca entre duas cirurgias, em conformidade com a primeira vizinhança. Neste exemplo, à Segunda-feira, o serviço cirúrgico de Urologia está afecto a dois blocos de tempo: a sala 1 do Bloco Operatório de Urologia e a sala 3B do Bloco Operatório Central. Para cada uma das salas estão marcadas três cirurgias. Somando os tempos em sala associados a cada procedimento cirúrgico com o tempo de limpeza respectivo (20 minutos), o tempo livre da sala 1 do Bloco Operatório de Urologia e da sala 3B do Bloco Operatório Central é de 40 minutos e 20 minutos, na devida ordem. Para maximizar o tempo livre da sala com maior tempo livre e possibilitar a marcação de mais cirurgias presentes em LIC, as intervenções cirúrgicas  $c_2$  e  $c_6$  trocam uma com a outra e o maior tempo livre aumenta para 60 minutos.



| B.O. 1 - Sala 1 - 2ª-feira | B.O. 3 - Sala 3B - 2ª-feira |
|----------------------------|-----------------------------|
| • $c_1$ (100 + 20)         | • $c_4$ (202 + 20)          |
| • $c_2$ (60 + 20)          | • $c_5$ (98 + 20)           |
| • $c_3$ (40 + 20)          | • $c_6$ (40 + 20)           |
| <b>Tempo livre: 40 min</b> | <b>Tempo livre: 20 min</b>  |

| B.O. 1 - Sala 1 - 2ª-feira | B.O. 3 - Sala 3B - 2ª-feira |
|----------------------------|-----------------------------|
| • $c_1$ (100 + 20)         | • $c_4$ (202 + 20)          |
| • $c_6$ (40 + 20)          | • $c_5$ (98 + 20)           |
| • $c_3$ (40 + 20)          | • $c_2$ (60 + 20)           |
| <b>Tempo livre: 60 min</b> | <b>Tempo livre: 0 min</b>   |

Figura 4.1: Exemplo de uma troca entre duas cirurgias marcadas em blocos de tempo diferentes no mesmo dia

Na segunda vizinhança, para cada serviço cirúrgico, é encontrado o bloco de tempo da semana com maior tempo livre e realizada uma troca entre uma cirurgia desse bloco de tempo e uma cirurgia agendada num bloco de tempo dum dia diferente, de forma a maximizar o tempo livre do bloco de tempo com maior tempo livre da semana de planeamento e permitir a introdução de mais cirurgias da LIC na agenda cirúrgica semanal. Caso ocorra uma troca, actualiza-se a agenda cirúrgica semanal e o processo repete-se.

$$V^2(a_0) = \{a: a \text{ é uma agenda cirúrgica semanal que difere de } a_0 \text{ na troca entre duas cirurgias marcadas em blocos de tempo de dias diferentes}\}$$

No algoritmo 4.3, encontra-se o pseudo-código da segunda vizinhança, sendo esta muito

semelhante à primeira. Uma vez que se trata duma troca entre duas cirurgias da agenda cirúrgica semanal, o valor da solução mantém-se inalterado. Dado que a troca envolve mais do que um dia, é necessário actualizar não só o valor associado aos minutos livres dos blocos de tempo envolvidos na troca como também os minutos livres diários para operar de ambos os cirurgiões. A troca só é realizada se for favorável e possível, isto é, se o tempo livre da sala com maior tempo livre aumentar e se se verificarem as seguintes condições:

- O serviço cirúrgico afecto aos dois blocos de tempo implicados na troca é o mesmo e a capacidade disponível de ambos não é excedida com a troca;
- O limite diário de horas de trabalho dos cirurgiões não é ultrapassado com a troca;
- Se o tempo máximo de resposta da cirurgia cujo agendamento se pretende adiar não estiver ultrapassado, é necessário que se verifique o mesmo após a troca.

No caso de se tratar da especialidade de Cirurgia Geral (CG), como as estimativas de duração em sala e em cirurgia são diferentes nos blocos operatórios 2 e 3, o valor do parâmetro que diz respeito ao limite semanal dos cirurgiões responsáveis pelas cirurgias envolvidas na troca também pode ser alterado e é necessário garantir, para ambos os cirurgiões, que o limite não é excedido com a troca, para que a mesma seja possível.

Seja *dia* o dia da semana que contém o bloco de tempo *b* com mais tempo livre da semana.

---

**Algoritmo 4.3** Pseudo-código da vizinhança  $V^2$

---

**Input:** Dados definidos nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3. Agenda cirúrgica semanal para o serviço *s*.

**Output:** Nova agenda cirúrgica semanal para o serviço *s*.

```

1: mudousol  $\leftarrow$  1.
2: while mudousol = 1 do
3:   mudousol  $\leftarrow$  0.
4:   Encontrar o bloco de tempo b da semana com maior  $t_b^{livre}$ .
5:   for all  $d \in D$ :  $d \neq dia$  do
6:     Escolher as cirurgias  $c_1$  marcada em b e  $c_2$  marcada em  $b' \neq b$  que maximizam  $t_b^{livre}$ .
7:     if  $t_b^{livre}$  aumenta then
8:       Desmarcar a cirurgia  $c_1$  do bloco b e agendá-la no bloco  $b'$ .
9:       Desmarcar a cirurgia  $c_2$  do bloco  $b'$  e agendá-la no bloco b.
10:       $t_b^{livre} = t_b^{livre} + t_{c_1}^{sala} - t_{c_2}^{sala}$ .
11:       $t_{b'}^{livre} = t_{b'}^{livre} + t_{c_2}^{sala} - t_{c_1}^{sala}$ .
12:      mudousol  $\leftarrow$  1.
13:     end if
14:   end for
15: end while


```

---

Na figura 4.2, exemplifica-se uma troca entre duas cirurgias, em conformidade com a segunda vizinhança. Neste exemplo, à Segunda-feira e à Terça-feira, o serviço cirúrgico de Estomatologia está afecto à sala 1 do Bloco Operatório de Estomatologia. Ambas as salas têm três cirurgias agendadas e se se somarem os tempos em sala associados a cada procedimento cirúrgico com o respectivo tempo de limpeza (20 minutos), o tempo livre da sala 1 do Bloco Operatório de Estomatologia à Segunda-feira e à Terça-feira é de 40 minutos e 29 minutos, na devida ordem. Para maximizar o maior tempo livre semanal e possibilitar a marcação de mais cirurgias presentes



em LIC, as intervenções cirúrgicas  $c_3$  e  $c_4$  trocam uma com a outra<sup>2</sup> e o maior tempo livre da semana aumenta para 68 minutos, à Segunda-feira.



| B.O. 11 - Sala 1 - 2ª-feira | B.O. 11 - Sala 1 - 3ª-feira |
|-----------------------------|-----------------------------|
| • $c_1$ (64 + 20)           | • $c_4$ (42 + 20)           |
| • $c_2$ (66 + 20)           | • $c_5$ (78 + 20)           |
| • $c_3$ (70 + 20)           | • $c_6$ (91 + 20)           |
| <b>Tempo livre: 40 min</b>  | <b>Tempo livre: 29 min</b>  |

| B.O. 11 - Sala 1 - 2ª-feira | B.O. 11 - Sala 1 - 3ª-feira |
|-----------------------------|-----------------------------|
| • $c_1$ (64 + 20)           | • $c_3$ (70 + 20)           |
| • $c_2$ (66 + 20)           | • $c_5$ (78 + 20)           |
| • $c_4$ (42 + 20)           | • $c_6$ (91 + 20)           |
| <b>Tempo livre: 68 min</b>  | <b>Tempo livre: 1 min</b>   |

Figura 4.2: Exemplo de uma troca entre duas cirurgias marcadas em blocos de tempo de dias diferentes

A terceira vizinhança encontra, para cada serviço cirúrgico e para cada dia, o bloco de tempo que ficaria com mais minutos livres caso a cirurgia com maior duração em sala, agendada para esse bloco de tempo, fosse desmarcada e, de seguida, troca uma cirurgia desse bloco de tempo por duas cirurgias em LIC do mesmo serviço cirúrgico da primeira, isto é, desmarca uma cirurgia do bloco de tempo que ficaria com mais tempo livre e escolhe duas cirurgias a serem agendadas para o mesmo bloco de tempo da cirurgia desmarcada. As cirurgias do bloco de tempo seleccionado são ordenadas primeiro por ordem crescente de peso, para tentar desmarcar a cirurgia menos prioritária, e depois por ordem decrescente de tempo em sala, para maximizar o tempo livre do bloco de tempo. As cirurgias da LIC são ordenadas primeiro por ordem crescente de tempo em sala, para que a soma dos tempos em sala das cirurgias do topo seja a menor possível, e depois por ordem decrescente de peso, para agendar as cirurgias mais prioritárias. Se a soma dos dois menores tempos em sala da LIC com ambos os tempos de limpeza for superior ao maior tempo livre, não há trocas possíveis no bloco de tempo em causa e passa-se para o dia seguinte.

$V^3(a_0) = \{a: a \text{ é uma agenda cirúrgica semanal que difere de } a_0 \text{ na troca de uma cirurgia marcada por duas intervenções cirúrgicas em lista de espera}\}$

As trocas efectuadas em conformidade com a terceira vizinhança conduzem sempre a soluções com melhor valor associado, visto que o número de intervenções cirúrgicas agendadas é incrementado numa unidade, e obrigam a que seja realizada uma actualização da agenda cirúrgica semanal e dos parâmetros do problema que dizem respeito ao tempo livre do bloco de tempo envolvido e aos minutos livres diários e semanais dos cirurgiões proponentes das cirurgias agendadas. Se ocorrer uma troca, actualiza-se a agenda cirúrgica semanal e quer se realize ou não uma troca passa-se para o próximo dia. A não repetição do processo para um mesmo dia, caso seja obtida uma agenda cirúrgica com melhor valor associado, deve-se ao elevado tempo computacional que a terceira vizinhança consome e à baixa probabilidade de existir mais do que uma troca favorável.

No algoritmo 4.4, encontra-se o pseudo-código da terceira vizinhança. Para que esta troca seja efectuada é necessário que:

- O bloco de tempo tenha disponibilidade para serem agendadas ambas as intervenções cirúrgicas, contabilizando os tempos em sala das cirurgias e os respectivos tempos de limpeza e retirando o tempo em sala associado à cirurgia a desmarcar e o correspondente tempo de limpeza;

<sup>2</sup>Se o tempo máximo de resposta da cirurgia  $c_3$ , cujo agendamento se pretende adiar de Segunda-feira para Terça-feira, não tiver sido ultrapassado na Segunda-feira, é necessário que se verifique o mesmo na Terça-feira, para que a troca seja possível.

- Os limites diário e semanal de horas de trabalho dos cirurgiões proponentes das cirurgias não sejam ultrapassados com a troca;
- Na Segunda-feira seguinte, a cirurgia que se pretende desmarcar continue dentro do seu prazo clinicamente aceitável de realização, caso o tempo máximo de resposta da mesma não se encontre ultrapassado no agendamento actual;
- O peso da cirurgia a desmarcar seja inferior ou igual ao das cirurgias a agendar.

---

**Algoritmo 4.4** Pseudo-código da vizinhança  $V^3$ 


---

**Input:** Dados definidos nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3. Agenda cirúrgica semanal para o serviço  $s$ .

**Output:** Nova agenda cirúrgica semanal para a especialidade  $s$ .

```

1: Ordenar  $c \in C_s$  por ordem crescente de  $t_c^{sala}$  e por ordem decrescente de  $P_c$ .
2: for all  $d \in D$  do
3:   Escolher o bloco de tempo  $b$  que ficaria com maior tempo livre caso fosse desmarcada a
     cirurgia com maior tempo em sala agendada em  $b$ .
4:   Ordenar as intervenções cirúrgicas do bloco de tempo  $b$  por ordem crescente de  $P_c$  e por
     ordem decrescente de tempo em sala.
5:   Escolher as duas cirurgias  $c_2$  e  $c_3$  do topo da LIC do serviço  $s$ .
6:   if É possível trocar  $c_2$  e  $c_3$  por uma cirurgia  $c_1$  do bloco de tempo  $b$  do
7:     Desmarcar a cirurgia  $c_1$  do bloco de tempo  $b$  e marcar as cirurgia  $c_2$  e  $c_3$  em  $b$ .
8:      $valor\_sol = valor\_sol + 1$ .
9:      $t_b^{livre} = t_b^{livre} + t_{c_1}^{sala} + t^{limp} - t_{c_2}^{sala} - t^{limp} - t_{c_3}^{sala} - t^{limp}$ .
10:     $t_{hc_1d}^{livre} = t_{hc_1d}^{livre} + t_{c_1}^{cir}$ .
11:     $t_{hc_2d}^{livre} = t_{hc_2d}^{livre} - t_{c_2}^{cir}$ .
12:     $t_{hc_3d}^{livre} = t_{hc_3d}^{livre} - t_{c_3}^{cir}$ .
13:     $t_{hc_1}^{livre} = t_{hc_1}^{livre} + t_{c_1}^{cir}$ .
14:     $t_{hc_2}^{livre} = t_{hc_2}^{livre} - t_{c_1}^{cir}$ .
15:     $t_{hc_3}^{livre} = t_{hc_3}^{livre} - t_{c_1}^{cir}$ .
16:     $C_s \leftarrow C_s \cup \{c_1\}$ .
17:     $C_s \leftarrow C_s \setminus \{c_2, c_3\}$ .
18:     $PA_s \leftarrow PA_s \cup \{n_{c_2}, n_{c_3}\}$ .
19:   end if
20: end for

```

---

Na figura 4.3, exemplifica-se uma troca de uma cirurgia agendada por duas cirurgias em LIC, em conformidade com a terceira vizinhança. Neste exemplo, a sala 1 do Bloco Operatório de Urologia tem três cirurgias agendadas para Segunda-feira e se se somarem os tempos em sala associados a cada procedimento cirúrgico com o respectivo tempo de limpeza (20 minutos), o tempo livre da sala 1 do Bloco Operatório de Urologia, à Segunda-feira, é de 10 minutos, o que não permite a marcação de mais nenhuma cirurgia nesse bloco de tempo, pois a higienização da sala cirúrgica requer 20 minutos. Para melhorar o valor da função objectivo, a cirurgia marcada  $c_1$  troca com as intervenções cirúrgicas  $c_7$  e  $c_8$  da LIC, o que aumenta a dimensão da agenda cirúrgica em uma unidade e diminui a dimensão da lista de inscritos para cirurgia em uma unidade. Esta troca apenas é realizada se se respeitarem todas as condições enunciadas para esta vizinhança.

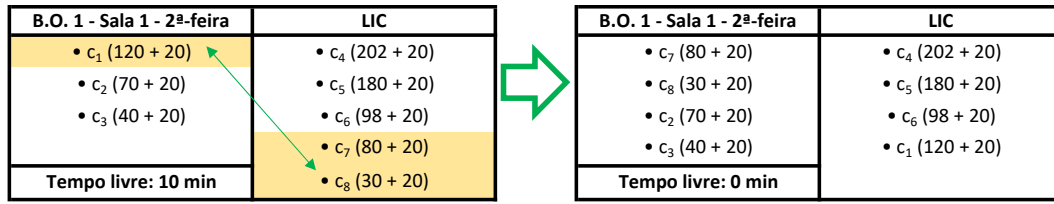


Figura 4.3: Exemplo de uma troca de uma cirurgia marcada por duas cirurgias em LIC

Para indicar a ordem pela qual são executadas as várias etapas da heurística desenvolvida neste trabalho, no algoritmo 4.5 encontra-se um pseudo-código com ambas as fases construtiva e de melhoramento encadeadas.

---

**Algoritmo 4.5** Heurística

**Input:** Dados definidos nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3.

**Output:** Agenda cirúrgica semanal para o serviço  $s$  e  $CN_s$ .

- 1: Executar o algoritmo 4.1 (fase construtiva da heurística).
  - 2: **while** Número de cirurgias agendadas aumentar **do**
  - 3:   Executar o algoritmo 4.2 (pesquisar vizinhança  $V^1$ ).
  - 4:   Executar o algoritmo 4.3 (pesquisar vizinhança  $V^2$ ).
  - 5:   Executar o algoritmo 4.2 (pesquisar vizinhança  $V^1$ ).
  - 6:   Executar o algoritmo 4.1 (fase construtiva da heurística).
  - 7:   Executar o algoritmo 4.4 (pesquisar vizinhança  $V^3$ ).
  - 8: **end while**
-



## Capítulo 5

# Resultados Computacionais

Neste capítulo, consideram-se as listas de espera de 29-01-2016 (LIC1) e de 15-04-2016 (LIC2) e as semanas de 01-02-2016 a 05-02-2016 e de 18-04-2016 a 22-04-2016, respectivamente. Os resultados computacionais obtidos para o problema em causa, através da execução da heurística desenvolvida, são apresentados no presente capítulo e analisados e comparados com os planos operatórios hospitalares, com os registos históricos do centro hospitalar e com os resultados computacionais conseguidos através do modelo matemático elaborado por Ferreira [24].

A heurística foi implementada em linguagem de programação *Python 3.6* e executada num computador com processador Intel® Core™ i7-3630QM CPU 2.40GHz e 8.00 GB de memória RAM. O procedimento foi aplicado sequencialmente a todas as especialidades e, para cada uma das instâncias utilizadas, demorou menos de 7 minutos a indicar uma agenda cirúrgica semanal.

Nas LIC1 e LIC2 encontram-se, por esta ordem, 6712 e 7299 cirurgias, 6543 e 7110 doentes e 340 e 337 cirurgiões. À Sexta-feira, realiza-se o plano operatório para a semana útil seguinte, isto é, para a semana com início à Segunda-feira e término à Sexta-feira, existindo 11 blocos operatórios e 28 salas cirúrgicas disponíveis para a marcação das cirurgias.

Como referido na secção 3.2.1, após serem calculadas as duas medidas estatísticas média e mediana, com os dados fornecidos pelo CHLN, optou-se pela média para estimar a duração de cada cirurgia e o tempo de ocupação da sala, visto que os valores obtidos com tal medida estatística são, na sua maioria, superiores aos da mediana, aumentando assim a probabilidade das cirurgias agendadas serem realizadas dentro do horário disponível para cada sala. O cálculo das estimativas foi feito por procedimento cirúrgico, tendo em conta ambos os hospitais, para todas as especialidades, com excepção da Cirurgia Geral (CG), onde o cálculo é realizado em separado para cada hospital. Se não existir registo de determinado procedimento ou se o mesmo tiver sido realizado um número reduzido de vezes, a estimativa é calculada por serviço cirúrgico, considerando os registos de todos os procedimentos da especialidade em causa.

Assume-se que o tempo de higienização da sala é igual a 20 minutos e que os limites diário e semanal de operação de cada cirurgia são, respectivamente, 360 minutos e 1512 minutos, valores estes utilizados por Ferreira [24].

Nos subcapítulos que se seguem, para cada uma das semanas em estudo, as comparações feitas entre o registo histórico hospitalar e a heurística desenvolvida recaem apenas nas cirurgias realizadas pelo CHLN que constam nas respectivas LIC, excepto quando se analisam as per-

centagens de ocupação em sala/cirurgia, pois aí não são relevantes informações como a data de entrada em lista de espera e o nível de prioridade associado a cada cirurgia, podendo ser contabilizadas todas as cirurgias realizadas, mesmo as que não se encontram em LIC. Nem todas as cirurgias presentes no plano operatório do CHLN existem em LIC, no entanto, como possuem todas as informações relevantes para as comparações realizadas neste capítulo, não foi necessário excluir nenhuma.

Na semana com início a 01-02-2016 são marcadas 402 e 380 cirurgias pela heurística e pelo hospital, respectivamente, e realizadas 373 intervenções cirúrgicas, das quais 46 não se encontram na LIC1. Na semana que começa a 18-04-2016 são agendadas 396 e 371 cirurgias pela heurística e pelo hospital, na devida ordem, e realizadas 375 intervenções cirúrgicas, das quais 50 não se encontram na LIC2.

## 5.1 Resultados obtidos para a LIC1

Tabela 5.1: *MSS1*

| B.O. | Sala | 2 <sup>a</sup> -f |     | 3 <sup>a</sup> -f |     | 4 <sup>a</sup> -f |     | 5 <sup>a</sup> -f |     | 6 <sup>a</sup> -f |     |
|------|------|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|
|      |      | Serv              | Min | Serv              | Min | Serv              | Min | Serv              | Min | Serv              | Min |
| 1    | 1    | URO               | 300 | URO               | 300 | URO               | 300 | URO               | 300 | URO               | 300 |
| 2    | A    | -                 | 0   | CG                | 660 | EST               | 360 | -                 | 0   | CCT               | 360 |
|      | B    | CG                | 420 | CG                | 420 | CG                | 420 | CVA               | 420 | CG                | 360 |
|      | C    | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   | ORL               | 660 |
|      | D    | CT                | 660 | CT                | 420 | CT                | 660 | CT                | 420 | CPL               | 360 |
|      | E    | NEU               | 360 | ORT               | 360 | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   |
|      | F    | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   |
| 3    | 1A   | ORT               | 660 | ORT               | 420 | ORT               | 660 | ORT               | 420 | ORT               | 660 |
|      | 1B   | ORT               | 420 | ORT               | 660 | ORT               | 420 | ORT               | 660 | ORT               | 420 |
|      | 2A   | CG                | 660 | CG                | 420 | CG                | 660 | CG                | 420 | CG                | 0   |
|      | 2B   | CG                | 420 | CG                | 660 | CG                | 420 | CG                | 660 | CG                | 660 |
|      | 3A   | CVA               | 660 | CVA               | 420 | CVA               | 660 | CVA               | 420 | CVA               | 0   |
|      | 3B   | URO               | 420 | URO               | 660 | URO               | 420 | URO               | 660 | URO               | 420 |
| 4    | A    | CPL               | 420 | CPL               | 420 | CPL               | 420 | EST               | 420 | CPL               | 420 |
|      | B    | CPL               | 660 | CPL               | 390 | CPL               | 660 | CPL               | 390 | CPL               | 660 |
| 5    | 1    | CCT               | 780 | CCT               | 480 | CCT               | 480 | CCT               | 780 | CCT               | 780 |
|      | 2    | CCT               | 480 | CCT               | 780 | CCT               | 780 | CCT               | 480 | CCT               | 480 |
| 6    | 1    | CPD               | 330 | CPD               | 330 | CPD               | 450 | CPD               | 450 | CPD               | 450 |
|      | 2    | CPD               | 450 | CPD               | 450 | CPD               | 0   | CPD               | 330 | CPD               | 0   |
| 7    | 1    | GIN               | 330 | GIN               | 330 | GIN               | 330 | GIN               | 330 | GIN               | 330 |
|      | 2    | GIN               | 330 | GIN               | 0   | GIN               | 0   | GIN               | 330 | GIN               | 330 |
| 8    | A    | NEU               | 480 | NEU               | 480 | NEU               | 720 | NEU               | 480 | NEU               | 720 |
|      | B    | NEU               | 720 | NEU               | 720 | NEU               | 480 | NEU               | 720 | NEU               | 480 |
| 9    | 1    | OFT               | 390 | OFT               | 480 | OFT               | 480 | OFT               | 390 | OFT               | 390 |
|      | 2    | OFT               | 390 | OFT               | 390 | OFT               | 390 | OFT               | 390 | OFT               | 390 |
| 10   | A    | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 |
|      | B    | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 |
| 11   | 1    | EST               | 300 | EST               | 300 | EST               | 300 | EST               | 300 | EST               | 300 |

O *MSS* em vigor na semana útil com início a 01-02-2016 (*MSS1*) e a lista de espera de 29-

01-2016 (LIC1) foram ambos disponibilizados pelo CHLN e são considerados nas secções deste subcapítulo. Na tabela 5.1, encontra-se o *MSS1*, onde são indicados o serviço cirúrgico (**Serv**) afecto a cada sala de cada bloco operatório (**B.O.**) e os respectivos tempos disponíveis em sala em minutos (**Min**), para os dias úteis da semana em causa. Nas secções seguintes, **TMR** é o tempo máximo de resposta para a realização de uma cirurgia, de acordo com as disposições legais em Portugal.

### 5.1.1 Heurística vs Hospital

Nesta secção comparam-se os resultados computacionais obtidos através da implementação da heurística desenvolvida com o plano operatório do CHLN e com o registo hospitalar. Na tabela 5.2 encontra-se o número de intervenções cirúrgicas em lista de espera cujo tempo clinicamente aceitável para realização das mesmas é ultrapassado antes de Segunda-feira 08-02-2016<sup>1</sup> (**FP**), o número de cirurgias programadas pela heurística, agendadas pelo centro hospitalar e realizadas pelo hospital (**Heu**, **PO**, **RH**, respectivamente), o número e a percentagem de cirurgias programadas pela heurística, agendadas pelo centro hospitalar e realizadas pelo hospital cujo tempo máximo de resposta se encontra ultrapassado na Segunda-feira 08-02-2016 (**HeuFP** e **HeuFP (%)**, **POFP** e **POFP (%)**, **RHFP** e **RHFP (%)**, por esta ordem).

Tabela 5.2: Heurística vs Plano e Registo Hospitalar (Serv - LIC1)

| <b>Serv</b>  | <b>FP</b>  | <b>Heu</b> | <b>PO</b>  | <b>RH</b>  | <b>Heu<br/>FP</b> | <b>PO<br/>FP</b> | <b>RH<br/>FP</b> | <b>Heu<br/>FP<br/>(%)</b> | <b>PO<br/>FP<br/>(%)</b> | <b>RH<br/>FP<br/>(%)</b> |
|--------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>CCT</b>   | 73         | 27         | 22         | 19         | 25                | 10               | 9                | 92.6                      | 45.5                     | 47.4                     |
| <b>CG</b>    | 6          | 58         | 58         | 54         | 6                 | 1                | 1                | 10.3                      | 1.7                      | 1.9                      |
| <b>CPD</b>   | 0          | 34         | 27         | 17         | 0                 | 6                | 0                | 0.0                       | 22.2                     | 0.0                      |
| <b>CPL</b>   | 182        | 25         | 28         | 20         | 24                | 5                | 0                | 96.0                      | 17.9                     | 0.0                      |
| <b>CT</b>    | 5          | 11         | 12         | 10         | 5                 | 2                | 1                | 45.5                      | 16.7                     | 10.0                     |
| <b>CVA</b>   | 110        | 15         | 15         | 15         | 15                | 1                | 1                | 100.0                     | 6.7                      | 6.7                      |
| <b>EST</b>   | 17         | 28         | 23         | 18         | 17                | 4                | 2                | 60.7                      | 17.4                     | 11.1                     |
| <b>GIN</b>   | 4          | 19         | 18         | 18         | 4                 | 1                | 1                | 21.1                      | 5.6                      | 5.6                      |
| <b>NEU</b>   | 218        | 33         | 27         | 24         | 33                | 3                | 3                | 100.0                     | 11.1                     | 12.5                     |
| <b>OFT</b>   | 3          | 58         | 67         | 48         | 3                 | 0                | 0                | 5.2                       | 0.0                      | 0.0                      |
| <b>ORL</b>   | 19         | 32         | 35         | 28         | 19                | 1                | 2                | 59.4                      | 2.9                      | 7.1                      |
| <b>ORT</b>   | 125        | 28         | 15         | 23         | 27                | 1                | 4                | 96.4                      | 6.7                      | 17.4                     |
| <b>URO</b>   | 58         | 34         | 33         | 33         | 34                | 4                | 2                | 100.0                     | 12.1                     | 6.1                      |
| <b>Total</b> | <b>820</b> | <b>402</b> | <b>380</b> | <b>327</b> | <b>212</b>        | <b>39</b>        | <b>26</b>        | <b>52.7</b>               | <b>10.3</b>              | <b>8.0</b>               |

Na tabela 5.2, as cirurgias agendadas/realizadas encontram-se agrupadas por serviço cirúrgico (**Serv**). O TMR de 52.7% das cirurgias programadas pela heurística encontra-se ultrapassado antes da Segunda-feira seguinte à semana de planeamento, enquanto o hospital só agenda e realiza, respectivamente, 10.3% e 8.0% de cirurgias nessas condições. CVA, ORT, CPL e NEU são as especialidades cirúrgicas com mais cirurgias cujo TMR é ultrapassado antes de dia 08-02-2016 e, no entanto, num total de 85/82 cirurgias programadas/realizadas pelo hospital a percentagem

<sup>1</sup>As cirurgias electivas são agendadas de Segunda a Sexta-feira, logo aquelas cujo tempo clinicamente aceitável para realização é ultrapassado antes de dia 08-02-2016 devem ser agendadas na semana com início a 01-02-2016.

de POFP/RHFP corresponde apenas a 11.8%/9.8%, o que leva a crer que o CHLN não está a respeitar a antiguidade dos pacientes na marcação/realização de cirurgias. Para essas mesmas especialidades, num total de 101 cirurgias agendadas pela heurística, a percentagem de HeuFP é igual a 98.0%.

Na tabela 5.3, as intervenções cirúrgicas estão agrupadas por nível de prioridade (**Prio**), sendo mais uma vez visível que a marcação/realização de cirurgias por parte do hospital não parece respeitar a antiguidade dos utentes em lista de espera. As colunas **Heu (%)**, **PO (%)** e **RH (%)** correspondem, respectivamente, à percentagem de cirurgias programadas pela heurística, agendadas pelo centro hospitalar e realizadas pelo hospital.

Tabela 5.3: Heurística vs Plano e Registo Hospitalar (Prio - LIC1)

| <b>Prio</b>  | <b>Heu</b> | <b>Heu (%)</b> | <b>Heu FP</b> | <b>Heu FP (%)</b> | <b>PO</b>  | <b>PO (%)</b> | <b>PO FP</b> | <b>PO FP (%)</b> | <b>RH</b>  | <b>RH (%)</b> | <b>RH FP</b> | <b>RH FP (%)</b> |
|--------------|------------|----------------|---------------|-------------------|------------|---------------|--------------|------------------|------------|---------------|--------------|------------------|
| <b>1</b>     | 321        | 79.9           | 166           | 51.7              | 303        | 79.7          | 21           | 6.9              | 265        | 81.0          | 11           | 4.2              |
| <b>2</b>     | 64         | 15.9           | 30            | 46.9              | 57         | 15.0          | 9            | 15.8             | 47         | 14.4          | 10           | 21.3             |
| <b>3</b>     | 15         | 3.7            | 14            | 93.3              | 15         | 4.0           | 4            | 26.7             | 13         | 4.0           | 3            | 23.1             |
| <b>4</b>     | 2          | 0.5            | 2             | 100.0             | 5          | 1.3           | 5            | 100.0            | 2          | 0.6           | 2            | 100.0            |
| <b>Total</b> | <b>402</b> | <b>100.0</b>   | <b>212</b>    | <b>52.7</b>       | <b>380</b> | <b>100.0</b>  | <b>39</b>    | <b>10.3</b>      | <b>327</b> | <b>100.0</b>  | <b>26</b>    | <b>8.0</b>       |

Na LIC1 existem 706 intervenções cirúrgicas com nível de prioridade 1 que vêem o seu tempo máximo de resposta ser atingido antes da Segunda-feira 08-02-2016. Das 321 cirurgias agendadas pela heurística com nível de prioridade 1, 166 atingem o TMR antes de dia 08-02-2018, enquanto o hospital marca 303 e realiza 265 cirurgias com esse nível de prioridade e dessas apenas 21 e 11 cirurgias apresentam o seu TMR ultrapassado no dia 08-02-2016, respectivamente. Apesar das intervenções cirúrgicas com nível de prioridade 1 serem as menos prioritárias, é natural que representem a maioria das cirurgias agendadas/realizadas, visto que correspondem praticamente à totalidade das cirurgias em lista de espera. Para além disso, há muitas cirurgias 'normais' (nível de prioridade 1) cujo TMR se encontra ultrapassado há imenso tempo, o que leva a que precisem de ser realizadas o mais rapidamente possível.

Na tabela 5.4, para cada um dos serviços cirúrgicos (**Serv**), apresenta-se a percentagem de ocupação das salas afectas a esse serviço com e sem tempo de limpeza incluído (**OL** e **OS**, na devida ordem) e a percentagem de ocupação da sala em cirurgia (**OC**), contabilizando inclusive as cirurgias realizadas pelo CHLN que não se encontram na LIC1. Analisando tais percentagens para cada uma das especialidades, constata-se que a qualidade dos resultados obtidos pela heurística é significativamente superior à realidade registada pelo hospital.

Considerando a heurística, verifica-se que a média de OL varia entre 93.2% e 98.2%, a média de OS situa-se entre 69.1% e 87.8% e a média de OC toma valores entre 34.8% e 62.9%, o que indica que a agenda cirúrgica semanal obtida através da heurística contribui para uma utilização eficiente das salas cirúrgicas. No registo hospitalar, as médias de OL, OS e OC variam entre 75.6% e 119.6%, 67.9% e 102.9% e entre 35.5% e 65.8%, respectivamente. Para além do limite inferior da média de OL, verificado com o registo hospitalar, apresentar um valor mais baixo que o conseguido através da heurística, o limite superior da média da OL do hospital ultrapassa os



100.0%, o que obriga à realização de horas extraordinárias, traduzindo-se numa utilização não só pouco eficiente como pouco eficaz das salas cirúrgicas por parte do hospital.

Tabela 5.4: Heurística vs Registo Hospitalar (Percentagens - LIC1)

|     |    | Heu               |                   |                   |                   |                   | RH                |                   |                   |                   |                   |
|-----|----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|     |    | 2 <sup>a</sup> -f | 3 <sup>a</sup> -f | 4 <sup>a</sup> -f | 5 <sup>a</sup> -f | 6 <sup>a</sup> -f | 2 <sup>a</sup> -f | 3 <sup>a</sup> -f | 4 <sup>a</sup> -f | 5 <sup>a</sup> -f | 6 <sup>a</sup> -f |
| CCT | OL | 96.1              | 92.5              | 96.4              | 92.1              | 96.9              | 87.5              | 92.0              | 56.2              | 89.4              | 66.0              |
|     | OS | 88.2              | 84.6              | 88.5              | 84.2              | 88.2              | 82.8              | 84.0              | 51.4              | 83.0              | 57.4              |
|     | OC | 52.0              | 51.1              | 54.0              | 49.6              | 50.4              | 60.8              | 49.0              | 28.6              | 46.6              | 28.7              |
| CG  | OL | 95.9              | 98.0              | 97.1              | 98.3              | 99.5              | 123.3             | 105.3             | 114.1             | 91.2              | 163.9             |
|     | OS | 77.2              | 81.3              | 82.4              | 85.4              | 83.8              | 108.7             | 90.5              | 96.8              | 80.1              | 138.4             |
|     | OC | 44.9              | 50.6              | 52.2              | 57.9              | 52.8              | 77.5              | 63.5              | 60.4              | 50.9              | 74.4              |
| CPD | OL | 89.2              | 97.2              | 98.9              | 95.3              | 92.4              | 91.8              | 89.0              | 96.0              | 77.2              | -                 |
|     | OS | 68.7              | 74.1              | 81.1              | 74.7              | 70.2              | 67.6              | 65.9              | 82.7              | 61.8              | -                 |
|     | OC | 32.4              | 33.3              | 41.3              | 34.9              | 32.0              | 32.7              | 27.8              | 47.6              | 33.8              | -                 |
| CPL | OL | 99.7              | 99.0              | 95.0              | 99.0              | 98.5              | 72.7              | 88.3              | 85.2              | 111.5             | 79.1              |
|     | OS | 90.5              | 86.7              | 85.7              | 88.7              | 87.4              | 65.3              | 75.9              | 79.6              | 101.3             | 68.0              |
|     | OC | 65.2              | 63.5              | 61.7              | 61.3              | 63.0              | 47.8              | 53.8              | 67.6              | 61.0              | 53.5              |
| CT  | OL | 97.6              | 93.3              | 98.8              | 97.6              | -                 | 114.2             | 93.1              | 100.8             | 87.6              | -                 |
|     | OS | 88.5              | 79.0              | 89.7              | 88.1              | -                 | 105.2             | 83.6              | 91.7              | 78.1              | -                 |
|     | OC | 58.5              | 46.9              | 59.8              | 59.0              | -                 | 71.4              | 57.6              | 67.3              | 52.1              | -                 |
| CVA | OL | 99.2              | 97.1              | 93.8              | 90.7              | -                 | 81.1              | 114.0             | 99.2              | 109.4             | -                 |
|     | OS | 87.1              | 87.6              | 84.7              | 76.4              | -                 | 72.0              | 104.5             | 90.2              | 90.4              | -                 |
|     | OC | 60.3              | 57.4              | 57.0              | 48.5              | -                 | 45.8              | 65.5              | 57.4              | 51.2              | -                 |
| EST | OL | 100.0             | 91.0              | 98.9              | 99.7              | 99.7              | 115.3             | 93.3              | 94.5              | 76.9              | 76.7              |
|     | OS | 73.3              | 71.0              | 74.7              | 74.7              | 73.0              | 88.7              | 73.3              | 76.4              | 60.3              | 56.7              |
|     | OC | 61.3              | 53.3              | 54.5              | 58.6              | 61.0              | 82.3              | 67.0              | 62.9              | 40.7              | 49.3              |
| GIN | OL | 95.9              | 99.1              | 85.5              | 98.2              | 87.4              | 96.7              | 92.7              | 95.8              | 89.7              | 103.3             |
|     | OS | 83.8              | 80.9              | 73.3              | 80.0              | 75.3              | 84.5              | 80.6              | 83.6              | 74.5              | 88.2              |
|     | OC | 53.5              | 47.0              | 45.2              | 52.7              | 47.3              | 52.3              | 53.3              | 64.8              | 46.4              | 55.5              |
| NEU | OL | 93.4              | 92.8              | 97.7              | 98.4              | 98.8              | 73.6              | 83.5              | 84.9              | 74.8              | 61.0              |
|     | OS | 81.9              | 84.5              | 86.0              | 88.4              | 88.8              | 66.7              | 76.8              | 78.3              | 64.8              | 52.7              |
|     | OC | 54.3              | 59.3              | 56.5              | 60.8              | 57.4              | 35.9              | 56.6              | 53.5              | 40.2              | 34.1              |
| OFT | OL | 99.4              | 96.8              | 96.8              | 97.8              | 97.1              | 84.6              | 120.1             | 95.6              | 97.7              | 76.3              |
|     | OS | 71.2              | 66.9              | 71.5              | 69.6              | 66.3              | 56.4              | 76.4              | 74.9              | 74.6              | 58.3              |
|     | OC | 48.7              | 45.3              | 48.9              | 47.3              | 44.9              | 34.5              | 53.3              | 52.5              | 46.9              | 39.1              |
| ORL | OL | 98.3              | 97.1              | 95.4              | 95.0              | 98.7              | 100.3             | 80.8              | 103.6             | 106.9             | 58.0              |
|     | OS | 84.4              | 86.0              | 81.5              | 78.3              | 81.3              | 83.6              | 64.2              | 92.5              | 95.8              | 46.4              |
|     | OC | 60.1              | 63.9              | 57.4              | 51.3              | 53.7              | 58.1              | 43.2              | 78.3              | 73.9              | 31.5              |
| ORT | OL | 94.4              | 95.2              | 96.9              | 98.8              | 97.9              | 139.3             | 102.6             | 125.4             | 100.5             | 85.6              |
|     | OS | 85.2              | 85.5              | 87.7              | 87.7              | 88.6              | 126.3             | 87.4              | 112.4             | 89.4              | 77.8              |
|     | OC | 54.5              | 53.3              | 54.9              | 52.7              | 58.0              | 88.2              | 56.1              | 76.8              | 55.6              | 52.4              |
| URO | OL | 91.0              | 90.8              | 93.9              | 93.5              | 99.0              | 128.1             | 110.2             | 134.0             | 102.2             | 93.3              |
|     | OS | 77.1              | 74.2              | 77.2              | 76.9              | 79.6              | 111.4             | 95.6              | 109.0             | 83.4              | 79.4              |
|     | OC | 49.3              | 52.1              | 45.1              | 47.0              | 49.0              | 71.4              | 68.6              | 65.6              | 46.8              | 36.1              |

De notar que quando termina uma cirurgia procede-se à higienização da sala cirúrgica e o cirurgião só é preciso durante o decorrer da intervenção cirúrgica, logo  $OL > OS > OC$ .

### 5.1.2 Heurística vs Modelo em Programação Linear Inteira

Nesta secção, para a semana com início a 01-02-2016 e fim a 05-02-2016, apresenta-se na tabela 5.5 o número e a percentagem total de cirurgias programadas pela heurística (**Heu** e **Heu (%)**) e pelo modelo matemático implementado em [24] (**MM** e **MM (%)**) e o número e a percentagem de cirurgias programadas pela heurística e pelo modelo matemático cujo TMR é ultrapassado antes do dia de agendamento (**HeuFP**, **HeuFP (%)** e **MMFP**, **MMFP (%)**, respectivamente), por nível de prioridade (**Prio**), assim como, na tabela 5.6, as percentagens de ocupação da sala com e sem tempo de limpeza e a percentagem de ocupação da sala em cirurgia obtidas com a heurística desenvolvida e com o modelo matemático presente em [24] (**OL**, **OS** e **OC**, na devida ordem), por serviço cirúrgico (**Serv**).

Na tabela 5.5, pode observar-se que a marcação de cirurgias de ambos os procedimentos respeita a antiguidade dos utentes em lista de espera. O tempo clinicamente aceitável de realização de mais de metade das cirurgias seleccionadas quer pela heurística quer pelo modelo matemático encontra-se ultrapassado.

O modelo matemático agenda um número de cirurgias superior ao agendado pela heurística, o que pode ser consequência das diferentes estimativas das durações em sala e em cirurgia e/ou da função objectivo diferente que foi considerada no modelo matemático que visava a maximização da utilização dos recursos garantindo as regras do SIGIC.

Tabela 5.5: Heurística vs Modelo Matemático (Prio - LIC1)

| <b>Prio</b>  | <b>Heu</b> | <b>Heu (%)</b> | <b>HeuFP</b> | <b>HeuFP (%)</b> | <b>MM</b>  | <b>MM (%)</b> | <b>MMFP</b> | <b>MMFP (%)</b> |
|--------------|------------|----------------|--------------|------------------|------------|---------------|-------------|-----------------|
| <b>1</b>     | 321        | 79.9           | 165          | 51.4             | 374        | 80.8          | 217         | 58.0            |
| <b>2</b>     | 64         | 15.9           | 30           | 46.9             | 64         | 13.8          | 27          | 42.2            |
| <b>3</b>     | 15         | 3.7            | 14           | 93.3             | 22         | 4.8           | 18          | 81.8            |
| <b>4</b>     | 2          | 0.5            | 0            | 0.0              | 3          | 0.6           | 1           | 33.3            |
| <b>Total</b> | <b>402</b> | <b>100.0</b>   | <b>209</b>   | <b>52.0</b>      | <b>463</b> | <b>100.0</b>  | <b>263</b>  | <b>56.8</b>     |

Como referido anteriormente, nesta dissertação só são consideradas as intervenções cirúrgicas com nível de prioridade 4 cuja data de entrada em lista de espera coincida com a Sexta-feira de planeamento, logo na agenda cirúrgica semanal obtida pela heurística não são planeadas cirurgias urgentes diferidas cujo TMR tenha sido ultrapassado antes de Segunda-feira.

Analisando a tabela 5.6, para os resultados obtidos com o modelo matemático, observa-se que, em média, OL varia entre 91.6% e 98.6%, OS toma valores entre 59.6% e 86.7% e OC situa-se entre 33.5% e 57.3%. Para os resultados obtidos com a heurística, em média, OL varia entre 93.2% e 98.2%, OS toma valores entre 69.1% e 87.8% e OC situa-se entre 34.8% e 62.9%. O limite médio inferior de OS da heurística é ligeiramente superior ao do modelo matemático (69.1% > 59.6%) e o limite superior de OC da heurística é mais elevado que o do modelo matemático (62.9% > 57.3%), mas de resto os valores são semelhantes.

A heurística e o modelo em programação linear inteira contribuem para uma utilização eficiente das salas cirúrgicas, dado que os planos semanais sugeridos pela heurística e pelo modelo matemático contam com diversos valores de OL e OS superiores a 97.0% e a 85.0%, por esta ordem. A título de exemplo, na Segunda-feira, a agenda cirúrgica semanal obtida com a

heurística para a especialidade de Estomatologia apresenta uma percentagem de ocupação em sala, contabilizando o tempo de limpeza, de 100.0%.

Tabela 5.6: Heurística vs Modelo Matemático (Percentagens - LIC1)

|     |    | Heu               |                   |                   |                   |                   | MM                |                   |                   |                   |                   |
|-----|----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|     |    | 2 <sup>a</sup> -f | 3 <sup>a</sup> -f | 4 <sup>a</sup> -f | 5 <sup>a</sup> -f | 6 <sup>a</sup> -f | 2 <sup>a</sup> -f | 3 <sup>a</sup> -f | 4 <sup>a</sup> -f | 5 <sup>a</sup> -f | 6 <sup>a</sup> -f |
| CCT | OL | 96.1              | 92.5              | 96.4              | 92.1              | 96.9              | 98.2              | 95.3              | 95.1              | 98.2              | 96.3              |
|     | OS | 88.2              | 84.6              | 88.5              | 84.2              | 88.2              | 87.1              | 87.4              | 85.5              | 87.1              | 86.5              |
|     | OC | 52.0              | 51.1              | 54.0              | 49.6              | 50.4              | 49.3              | 49.4              | 48.6              | 49.3              | 50.1              |
| CG  | OL | 95.9              | 98.0              | 97.1              | 98.3              | 99.5              | 97.9              | 98.7              | 99.3              | 98.8              | 98.5              |
|     | OS | 77.2              | 81.3              | 82.4              | 85.4              | 83.8              | 83.2              | 81.1              | 83.3              | 85.9              | 86.7              |
|     | OC | 44.9              | 50.6              | 52.2              | 57.9              | 52.8              | 53.7              | 52.8              | 54.3              | 57.0              | 57.2              |
| CPD | OL | 89.2              | 97.2              | 98.9              | 95.3              | 92.4              | 98.0              | 95.4              | 99.9              | 98.4              | 91.4              |
|     | OS | 68.7              | 74.1              | 81.1              | 74.7              | 70.2              | 72.4              | 72.3              | 73.2              | 80.4              | 69.2              |
|     | OC | 32.4              | 33.3              | 41.3              | 34.9              | 32.0              | 31.4              | 33.7              | 29.4              | 40.7              | 32.1              |
| CPL | OL | 99.7              | 99.0              | 95.0              | 99.0              | 98.5              | 98.5              | 99.2              | 97.2              | 99.6              | 97.2              |
|     | OS | 90.5              | 86.7              | 85.7              | 88.7              | 87.4              | 83.7              | 79.4              | 82.4              | 79.1              | 84.7              |
|     | OC | 65.2              | 63.5              | 61.7              | 61.3              | 63.0              | 55.0              | 47.9              | 54.9              | 49.4              | 57.7              |
| CT  | OL | 97.6              | 93.3              | 98.8              | 97.6              | -                 | 98.1              | 96.9              | 96.3              | 91.6              | -                 |
|     | OS | 88.5              | 79.0              | 89.7              | 88.1              | -                 | 86.0              | 82.6              | 84.2              | 82.1              | -                 |
|     | OC | 58.5              | 46.9              | 59.8              | 59.0              | -                 | 54.6              | 48.6              | 53.4              | 53.4              | -                 |
| CVA | OL | 99.2              | 97.1              | 93.8              | 90.7              | -                 | 97.9              | 96.4              | 99.9              | 96.4              | -                 |
|     | OS | 87.1              | 87.6              | 84.7              | 76.4              | -                 | 79.7              | 77.3              | 87.7              | 77.3              | -                 |
|     | OC | 60.3              | 57.4              | 57.0              | 48.5              | -                 | 53.1              | 52.3              | 59.3              | 52.3              | -                 |
| EST | OL | 100.0             | 91.0              | 98.9              | 99.7              | 99.7              | 88.8              | 88.8              | 89.8              | 92.1              | 98.3              |
|     | OS | 73.3              | 71.0              | 74.7              | 74.7              | 73.0              | 68.8              | 68.8              | 68.6              | 69.8              | 78.3              |
|     | OC | 61.3              | 53.3              | 54.5              | 58.6              | 61.0              | 48.2              | 48.2              | 49.7              | 53.5              | 48.3              |
| GIN | OL | 95.9              | 99.1              | 85.5              | 98.2              | 87.4              | 91.7              | 92.7              | 94.6              | 92.7              | 94.6              |
|     | OS | 83.8              | 80.9              | 73.3              | 80.0              | 75.3              | 79.6              | 80.6              | 82.5              | 80.6              | 82.5              |
|     | OC | 53.5              | 47.0              | 45.2              | 52.7              | 47.3              | 51.3              | 52.5              | 54.7              | 52.5              | 54.7              |
| NEU | OL | 93.4              | 92.8              | 97.7              | 98.4              | 98.8              | 97.0              | 96.7              | 98.7              | 98.7              | 93.9              |
|     | OS | 81.9              | 84.5              | 86.0              | 88.4              | 88.8              | 85.5              | 85.1              | 87.0              | 87.0              | 83.9              |
|     | OC | 54.3              | 59.3              | 56.5              | 60.8              | 57.4              | 55.9              | 55.4              | 55.6              | 60.2              | 55.4              |
| OFT | OL | 99.4              | 96.8              | 96.8              | 97.8              | 97.1              | 94.9              | 97.2              | 97.2              | 94.9              | 94.9              |
|     | OS | 71.2              | 66.9              | 71.5              | 69.6              | 66.3              | 59.0              | 60.5              | 60.5              | 59.0              | 59.0              |
|     | OC | 48.7              | 45.3              | 48.9              | 47.3              | 44.9              | 39.6              | 40.6              | 40.6              | 39.6              | 39.6              |
| ORL | OL | 98.3              | 97.1              | 95.4              | 95.0              | 98.7              | 95.7              | 95.9              | 96.5              | 96.5              | 94.6              |
|     | OS | 84.4              | 86.0              | 81.5              | 78.3              | 81.3              | 79.1              | 82.0              | 85.4              | 85.4              | 75.7              |
|     | OC | 60.1              | 63.9              | 57.4              | 51.3              | 53.7              | 51.9              | 58.3              | 65.1              | 65.1              | 46.2              |
| ORT | OL | 94.4              | 95.2              | 96.9              | 98.8              | 97.9              | 98.7              | 97.9              | 95.6              | 97.2              | 97.2              |
|     | OS | 85.2              | 85.5              | 87.7              | 87.7              | 88.6              | 83.9              | 79.9              | 84.5              | 86.1              | 86.1              |
|     | OC | 54.5              | 53.3              | 54.9              | 52.7              | 58.0              | 48.2              | 43.4              | 50.5              | 51.7              | 51.7              |
| URO | OL | 91.0              | 90.8              | 93.9              | 93.5              | 99.0              | 97.1              | 98.5              | 97.1              | 96.9              | 98.9              |
|     | OS | 77.1              | 74.2              | 77.2              | 76.9              | 79.6              | 74.9              | 73.5              | 74.9              | 78.2              | 76.6              |
|     | OC | 49.3              | 52.1              | 45.1              | 47.0              | 49.0              | 43.0              | 41.8              | 43.0              | 45.4              | 44.8              |

## 5.2 Resultados obtidos para a LIC2

O *MSS* em vigor na semana com início a 18-04-2016 (*MSS2*) e a lista de espera de 15-04-2016 (LIC2) foram ambos disponibilizados pelo CHLN e são considerados nas secções deste subcapítulo. Na tabela 5.7, encontra-se o *MSS2*, onde são indicados o serviço cirúrgico (**Serv**) afecto a cada sala de cada bloco operatório (**B.O.**) e os respectivos tempos disponíveis em sala em minutos (**Min**), para os dias úteis da semana em causa.

Tabela 5.7: *MSS2*

| B.O. | Sala | 2 <sup>a</sup> -f |     | 3 <sup>a</sup> -f |     | 4 <sup>a</sup> -f |     | 5 <sup>a</sup> -f |     | 6 <sup>a</sup> -f |     |
|------|------|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|
|      |      | Serv              | Min | Serv              | Min | Serv              | Min | Serv              | Min | Serv              | Min |
| 1    | 1    | URO               | 300 | URO               | 300 | URO               | 300 | URO               | 300 | URO               | 300 |
| 2    | A    | -                 | 0   | CG                | 420 | EST               | 360 | -                 | 0   | EST               | 360 |
|      | B    | CG                | 660 | CG                | 660 | CG                | 360 | CVA               | 360 | CG                | 360 |
|      | C    | CT                | 420 | CT                | 360 | CT                | 660 | CT                | 360 | ORL               | 660 |
|      | D    | ORL               | 360 | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   |
|      | E    | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   |
|      | F    | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   | -                 | 0   |
| 3    | 1A   | ORT               | 660 | ORT               | 420 | ORT               | 660 | ORT               | 420 | ORT               | 660 |
|      | 1B   | ORT               | 420 | ORT               | 660 | ORT               | 420 | ORT               | 660 | ORT               | 420 |
|      | 2A   | CG                | 660 | CG                | 420 | CG                | 660 | CG                | 420 | CG                | 420 |
|      | 2B   | CG                | 420 | CG                | 660 | CG                | 420 | CG                | 660 | CG                | 660 |
|      | 3A   | CVA               | 660 | CVA               | 420 | CVA               | 660 | CVA               | 420 | CVA               | 660 |
|      | 3B   | URO               | 420 | URO               | 660 | URO               | 420 | URO               | 660 | URO               | 360 |
| 4    | A    | CPL               | 390 | CPL               | 420 | CPL               | 420 | CPL               | 420 | CPL               | 390 |
|      | B    | CPL               | 420 | CPL               | 660 | CPL               | 360 | CPL               | 660 | CPL               | 420 |
| 5    | 1    | CCT               | 0   | CCT               | 480 | CCT               | 480 | CCT               | 480 | CCT               | 780 |
|      | 2    | CCT               | 780 | CCT               | 780 | CCT               | 480 | CCT               | 780 | CCT               | 480 |
| 6    | 1    | CPD               | 330 | CPD               | 450 | CPD               | 450 | CPD               | 450 | CPD               | 450 |
|      | 2    | CPD               | 450 | CPD               | 330 | CPD               | 0   | CPD               | 330 | CPD               | 0   |
| 7    | 1    | GIN               | 330 | GIN               | 330 | GIN               | 330 | GIN               | 330 | GIN               | 330 |
|      | 2    | GIN               | 330 | GIN               | 0   | GIN               | 0   | GIN               | 330 | GIN               | 330 |
| 8    | A    | NEU               | 720 | NEU               | 480 | NEU               | 720 | NEU               | 720 | NEU               | 480 |
|      | B    | NEU               | 480 | NEU               | 720 | NEU               | 480 | NEU               | 480 | NEU               | 480 |
| 9    | 1    | OFT               | 480 | OFT               | 480 | OFT               | 480 | OFT               | 480 | OFT               | 390 |
|      | 2    | OFT               | 390 | OFT               | 390 | OFT               | 480 | OFT               | 390 | OFT               | 390 |
| 10   | A    | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 |
|      | B    | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 | ORL               | 360 |
| 11   | 1    | EST               | 300 | EST               | 300 | EST               | 300 | EST               | 300 | EST               | 300 |

### 5.2.1 Heurística vs Hospital

Nesta secção comparam-se os resultados computacionais obtidos através da implementação da heurística desenvolvida com o plano operatório do CHLN e com o registo hospitalar. Na tabela 5.8 encontra-se o número de intervenções cirúrgicas em lista de espera cujo tempo clinicamente aceitável para realização das mesmas é ultrapassado antes de Terça-feira 26-04-2016<sup>2</sup> (**FP**), o

<sup>2</sup>As cirurgias electivas são agendadas de Segunda a Sexta-feira, logo aquelas cujo tempo clinicamente aceitável para realização é ultrapassado antes do primeiro dia do planeamento seguinte devem ser agendadas na semana com início a 18-04-2016. Como Segunda-feira 25-04-2016 é um feriado, considera-se Terça-feira 26-04-2016.

número de cirurgias programadas pela heurística, agendadas pelo centro hospitalar e realizadas pelo hospital (**Heu**, **PO** e **RH**, respectivamente), o número e a percentagem de cirurgias programadas pela heurística, agendadas pelo centro hospitalar e realizadas pelo hospital cujo tempo máximo de resposta se encontra ultrapassado na Terça-feira 26-04-2016 (**HeuFP** e **HeuFP (%)**, **POFP** e **POFP (%)**, **RHFP** e **RHFP (%)**, por esta ordem).

Tabela 5.8: Heurística vs Plano e Registo Hospitalar (Serv - LIC2)

| Serv         | FP          | Heu        | PO         | RH         | Heu FP     | PO FP     | RH FP     | Heu FP (%)  | PO FP (%)  | RH FP (%)  |
|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|
| <b>CCT</b>   | 49          | 23         | 6          | 13         | 21         | 2         | 5         | 91.3        | 33.3       | 38.5       |
| <b>CG</b>    | 23          | 65         | 58         | 53         | 23         | 2         | 1         | 35.4        | 3.4        | 1.9        |
| <b>CPD</b>   | 0           | 32         | 16         | 19         | 0          | 0         | 0         | 0.0         | 0.0        | 0.0        |
| <b>CPL</b>   | 133         | 25         | 30         | 23         | 24         | 3         | 1         | 96.0        | 10.0       | 4.3        |
| <b>CT</b>    | 3           | 11         | 8          | 8          | 3          | 1         | 1         | 27.3        | 12.5       | 12.5       |
| <b>CVA</b>   | 250         | 17         | 23         | 15         | 16         | 5         | 5         | 94.1        | 21.7       | 33.3       |
| <b>EST</b>   | 25          | 25         | 22         | 18         | 23         | 0         | 0         | 92.0        | 0.0        | 0.0        |
| <b>GIN</b>   | 5           | 17         | 12         | 11         | 5          | 0         | 0         | 29.4        | 0.0        | 0.0        |
| <b>NEU</b>   | 282         | 28         | 21         | 13         | 28         | 3         | 1         | 100.0       | 14.3       | 7.7        |
| <b>OFT</b>   | 8           | 62         | 82         | 72         | 8          | 1         | 1         | 12.9        | 1.2        | 1.4        |
| <b>ORL</b>   | 28          | 30         | 34         | 31         | 23         | 1         | 2         | 76.7        | 2.9        | 6.5        |
| <b>ORT</b>   | 237         | 26         | 13         | 17         | 26         | 7         | 8         | 100.0       | 53.8       | 47.1       |
| <b>URO</b>   | 60          | 35         | 46         | 32         | 34         | 4         | 2         | 97.1        | 8.7        | 6.3        |
| <b>Total</b> | <b>1103</b> | <b>396</b> | <b>371</b> | <b>325</b> | <b>234</b> | <b>29</b> | <b>27</b> | <b>59.1</b> | <b>7.8</b> | <b>8.3</b> |

Na tabela 5.8, as cirurgias agendadas/realizadas encontram-se agrupadas por serviço cirúrgico (**Serv**). O TMR de 59.1% das cirurgias programadas pela heurística encontra-se ultrapassado antes de Terça-feira 26-04-2016, enquanto o hospital só agenda e realiza, respectivamente, 7.8% e 8.3% de cirurgias nessas condições. NEU, CVA, ORT e CPL são as especialidades cirúrgicas com mais cirurgias cujo TMR é ultrapassado antes de dia 26-04-2016 e, no entanto, num total de 87/68 cirurgias programadas/realizadas pelo hospital a percentagem de POFP/RHFP corresponde apenas a 20.7%/22.1%, o que sugere, mais uma vez, que o CHLN não está a respeitar a antiguidade dos pacientes aquando da marcação/realização de cirurgias electivas, pois apesar de tais valores serem superiores aos obtidos para a semana com início a 01-02-2016, continuam aquém do desejado. Para essas mesmas especialidades, num total de 96 cirurgias agendadas pela heurística, a percentagem de HeuFP é igual a 97.9%.

Tabela 5.9: Heurística vs Plano e Registo Hospitalar (Prio - LIC2)

| Prio         | Heu        | Heu (%)      | Heu FP     | Heu FP (%)  | PO         | PO (%)        | PO FP     | PO FP (%)  | RH         | RH (%)       | RH FP     | RH FP (%)  |
|--------------|------------|--------------|------------|-------------|------------|---------------|-----------|------------|------------|--------------|-----------|------------|
| <b>1</b>     | 312        | 78.8         | 181        | 58.0        | 313        | 84.37         | 19        | 6.1        | 269        | 82.8         | 13        | 4.8        |
| <b>2</b>     | 69         | 17.4         | 40         | 58.0        | 44         | 11.86         | 7         | 15.9       | 45         | 13.8         | 10        | 22.2       |
| <b>3</b>     | 11         | 2.8          | 9          | 81.8        | 11         | 2.96          | 0         | 0.0        | 9          | 2.8          | 2         | 22.2       |
| <b>4</b>     | 4          | 1.0          | 4          | 100.0       | 3          | 0.81          | 3         | 100.0      | 2          | 0.6          | 2         | 100.0      |
| <b>Total</b> | <b>396</b> | <b>100.0</b> | <b>234</b> | <b>59.1</b> | <b>371</b> | <b>100.00</b> | <b>29</b> | <b>7.8</b> | <b>325</b> | <b>100.0</b> | <b>27</b> | <b>8.3</b> |

Na tabela 5.9, as intervenções cirúrgicas estão agrupadas por nível de prioridade (**Prio**), sendo notório que a marcação/realização de cirurgias por parte do hospital não parece respeitar a antiguidade dos utentes em lista de espera. As colunas **Heu (%)**, **PO (%)** e **RH (%)** correspondem, respectivamente, à percentagem de cirurgias programadas pela heurística, agendadas pelo centro hospitalar e realizadas pelo hospital.

Na LIC2 existem 984 intervenções cirúrgicas com nível de prioridade 1 que vêem o seu tempo máximo de resposta ser atingido antes de Terça-feira 26-04-2016. Das 312 cirurgias agendadas pela heurística com nível de prioridade 1, 181 atingem o seu TMR antes de dia 26-04-2016, enquanto o hospital marca 313 e realiza 269 cirurgias com esse nível de prioridade e dessas apenas 19 e 13 cirurgias apresentam o seu TMR ultrapassado no dia 26-04-2016, respectivamente.

Na tabela 5.10, para cada um dos serviços cirúrgicos (**Serv**), apresenta-se a percentagem de ocupação da sala com e sem tempo de limpeza incluído (**OL** e **OS**, por esta ordem) e a percentagem de ocupação da sala em cirurgia (**OC**). Aqui, até as cirurgias realizadas pelo CHLN que não se encontram na LIC2 são tidas em conta. Analisando tais percentagens para cada uma das especialidades, constata-se novamente que a qualidade dos resultados obtidos pela heurística é significativamente superior à realidade registada pelo hospital.

Considerando a heurística, verifica-se que a média de OL varia entre 91.6% e 98.3%, a média de OS situa-se entre 69.1% e 87.0% e a média de OC toma valores entre 37.8% e 61.0%. No registo hospitalar, as médias de OL, OS e OC variam entre 69.7% e 117.3%, 57.3% e 107.9% e entre 35.8% e 72.3%, respectivamente. Para além do limite inferior da média de OL verificado com o registo hospitalar apresentar um valor mais baixo que o conseguido através da heurística, o limite superior da média de OL do hospital ultrapassa os 100.0%, o que torna a agenda cirúrgica semanal sugerida pela heurística uma mais-valia para o CHLN.

Em alguns dias/especialidades, o centro hospitalar em estudo apresenta percentagens de ocupação da sala com e sem tempo de limpeza e percentagens de ocupação da sala em cirurgia um pouco preocupantes. CT, à Quinta-feira, conta com OC igual a 108.3% e, consequentemente, OS e OL também são superiores a 100.0%; CCT, à Terça-feira e à Quarta-feira, possui percentagens de ocupação em sala com tempo de limpeza muito baixas: 50.6% e 39.7%, respectivamente; URO conta com OL igual a 131.0% e 144.7% e com OS igual a 108.8% e 111.4%, à Segunda-feira e à Quarta-feira, na devida ordem e, no entanto, à Terça-feira e à Sexta-feira a percentagem de ocupação em sala com tempo de limpeza não atinge os 100.0%, sendo 88.1% e 80.5%, respectivamente e, por fim, o valor de OL no serviço de ORT é superior a 100.0% em todos os dias, excepto à Sexta-feira, e o valor de OS no serviço de ORT é superior a 100.0% na Segunda-feira, na Terça-feira e na Quarta-feira.

Tabela 5.10: Heurística vs Registo Hospitalar (Percentagens - LIC2)

|     |    | Heu               |                   |                   |                   |                   | RH                |                   |                   |                   |                   |
|-----|----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|     |    | 2 <sup>a</sup> -f | 3 <sup>a</sup> -f | 4 <sup>a</sup> -f | 5 <sup>a</sup> -f | 6 <sup>a</sup> -f | 2 <sup>a</sup> -f | 3 <sup>a</sup> -f | 4 <sup>a</sup> -f | 5 <sup>a</sup> -f | 6 <sup>a</sup> -f |
| CCT | OL | 95.8              | 92.8              | 95.4              | 95.9              | 96.3              | 85.9              | 50.6              | 39.7              | 90.0              | 82.3              |
|     | OS | 88.1              | 83.3              | 87.1              | 87.9              | 88.4              | 78.2              | 45.8              | 35.5              | 82.1              | 76.0              |
|     | OC | 55.1              | 49.1              | 51.9              | 51.9              | 54.2              | 44.9              | 26.9              | 20.2              | 52.9              | 135.2             |
| CG  | OL | 97.0              | 97.4              | 93.4              | 97.7              | 95.5              | 109.1             | 124.0             | 86.7              | 113.0             | 110.3             |
|     | OS | 77.4              | 79.8              | 79.5              | 84.7              | 78.8              | 91.8              | 109.2             | 74.2              | 100.0             | 95.1              |
|     | OC | 44.7              | 48.9              | 49.4              | 54.0              | 46.7              | 62.5              | 73.7              | 48.8              | 65.5              | 60.2              |
| CPD | OL | 99.6              | 94.1              | 93.8              | 99.7              | 97.6              | 64.4              | 75.0              | 94.0              | 104.8             | -                 |
|     | OS | 76.5              | 76.2              | 80.4              | 79.2              | 75.3              | 49.0              | 62.2              | 80.7              | 74.5              | -                 |
|     | OC | 34.2              | 37.7              | 42.7              | 38.6              | 35.8              | 16.9              | 39.1              | 49.8              | 37.3              | -                 |
| CPL | OL | 98.5              | 93.1              | 91.9              | 98.1              | 97.5              | 62.2              | 78.4              | 80.1              | 79.8              | 90.6              |
|     | OS | 86.2              | 83.9              | 81.7              | 86.9              | 85.2              | 49.9              | 69.2              | 69.9              | 74.3              | 78.6              |
|     | OC | 58.8              | 62.0              | 59.4              | 63.2              | 60.7              | 29.6              | 45.5              | 51.8              | 56.6              | 47.3              |
| CT  | OL | 88.8              | 89.2              | 99.7              | 99.2              | -                 | 113.1             | 105.8             | 91.4              | 143.3             | -                 |
|     | OS | 74.5              | 78.1              | 90.6              | 82.5              | -                 | 103.6             | 100.3             | 76.2              | 137.8             | -                 |
|     | OC | 41.7              | 46.9              | 59.8              | 46.1              | -                 | 52.1              | 81.7              | 47.0              | 108.3             | -                 |
| CVA | OL | 99.8              | 97.1              | 99.8              | 87.9              | 87.6              | 104.7             | 148.3             | 71.7              | 134.0             | 103.9             |
|     | OS | 87.7              | 87.6              | 87.7              | 77.7              | 78.5              | 95.6              | 138.8             | 62.6              | 113.5             | 97.9              |
|     | OC | 57.9              | 57.4              | 52.3              | 55.3              | 47.9              | 72.7              | 102.1             | 34.2              | 66.4              | 80.2              |
| EST | OL | 99.7              | 88.0              | 92.1              | 85.3              | 92.7              | 90.0              | 91.0              | 59.7              | 85.0              | 58.0              |
|     | OS | 73.0              | 68.0              | 67.9              | 65.3              | 71.5              | 70.0              | 71.0              | 47.6              | 58.3              | 39.8              |
|     | OC | 61.0              | 47.7              | 56.2              | 52.3              | 57.4              | 61.0              | 66.7              | 34.2              | 52.0              | 28.8              |
| GIN | OL | 92.0              | 92.4              | 92.4              | 87.1              | 94.8              | 111.8             | 120.0             | 96.7              | 86.1              | 106.4             |
|     | OS | 79.8              | 80.3              | 80.3              | 72.0              | 82.7              | 99.7              | 107.9             | 84.5              | 67.9              | 94.2              |
|     | OC | 50.8              | 49.7              | 52.7              | 46.1              | 56.5              | 67.0              | 83.9              | 65.2              | 36.7              | 68.5              |
| NEU | OL | 92.5              | 90.6              | 88.1              | 93.8              | 95.6              | 128.8             | 84.6              | 81.7              | 90.5              | 76.0              |
|     | OS | 82.5              | 82.3              | 79.8              | 83.8              | 83.1              | 123.2             | 77.9              | 76.7              | 85.5              | 67.7              |
|     | OC | 56.4              | 56.4              | 55.3              | 54.9              | 52.7              | 99.6              | 53.5              | 58.4              | 53.6              | 42.6              |
| OFT | OL | 99.0              | 98.4              | 98.3              | 96.1              | 99.7              | 86.2              | 94.6              | 118.1             | 116.1             | 95.6              |
|     | OS | 73.7              | 68.5              | 71.3              | 66.2              | 69.0              | 63.2              | 73.9              | 84.8              | 65.5              | 29.0              |
|     | OC | 50.9              | 47.0              | 49.6              | 45.3              | 48.5              | 40.8              | 54.9              | 58.3              | 43.8              | 16.3              |
| ORL | OL | 96.8              | 96.5              | 96.9              | 97.9              | 96.7              | 102.2             | 99.4              | 96.7              | 61.7              | 58.4              |
|     | OS | 83.8              | 82.6              | 85.8              | 86.8              | 82.2              | 87.4              | 88.3              | 91.1              | 50.6              | 39.6              |
|     | OC | 60.3              | 58.2              | 63.8              | 65.1              | 57.6              | 65.8              | 72.5              | 80.7              | 28.9              | 19.2              |
| ORT | OL | 99.0              | 97.7              | 95.6              | 94.4              | 94.0              | 118.1             | 133.8             | 130.9             | 108.8             | 95.1              |
|     | OS | 87.9              | 86.6              | 86.4              | 85.1              | 86.6              | 108.8             | 122.7             | 119.8             | 98.4              | 89.9              |
|     | OC | 51.6              | 53.2              | 54.35             | 53.9              | 58.8              | 76.6              | 72.8              | 72.9              | 53.3              | 58.9              |
| URO | OL | 91.5              | 99.5              | 98.8              | 96.6              | 88.9              | 131.0             | 88.1              | 144.7             | 97.1              | 80.5              |
|     | OS | 74.9              | 82.8              | 73.8              | 79.9              | 76.8              | 108.8             | 71.5              | 111.4             | 82.5              | 65.3              |
|     | OC | 54.7              | 52.0              | 41.0              | 48.6              | 50.8              | 65.1              | 43.4              | 72.2              | 53.5              | 33.2              |

### 5.2.2 Heurística vs Modelo em Programação Linear Inteira

Nesta secção, comparam-se as agendas cirúrgicas semanais programadas pela heurística e pelo modelo matemático desenvolvido por Ferreira [24] para a semana de 18-04-2016 a 22-04-2016, sendo os resultados agrupados por nível de prioridade (**Prio**) e por especialidade cirúrgica

(Serv). As colunas das tabelas seguintes apresentam-se definidas na secção 5.1.2.

Na tabela 5.11, confirma-se que a maioria das cirurgias agendadas pela heurística e pelo modelo matemático apresenta nível de prioridade 1, seguida das intervenções cirúrgicas com nível de prioridade 2, 3 e 4, por esta ordem. A percentagem de cirurgias electivas cujo TMR se encontra ultrapassado no dia para o qual foram agendadas é semelhante nas agendas obtidas através da heurística e do modelo matemático e superior a 50.0%: 56.8% e 55.0%, respectivamente. Se considerarmos as intervenções cirúrgicas agendadas, com nível de prioridade 2, cujo TMR é ultrapassado antes da data para a qual foram programadas, a heurística conta com uma percentagem ligeiramente superior à do modelo matemático (53.6% > 43.8%). Recorde-se que a heurística não programa cirurgias urgentes diferidas (com nível de prioridade 4) cujo TMR se encontre ultrapassado antes do primeiro dia de planeamento.

A marcação de cirurgias de ambos os procedimentos respeita a antiguidade dos utentes em lista de espera. O tempo clinicamente aceitável de realização de mais de metade das cirurgias seleccionadas quer pela heurística quer pelo modelo matemático encontra-se ultrapassado. Pelos mesmos motivos expostos na secção 5.1.2, o modelo matemático agenda um número de cirurgias superior ao agendado pela heurística.

Tabela 5.11: Heurística vs Modelo Matemático (Prio - LIC2)

| Prio         | Heu        | Heu (%)      | HeuFP      | HeuFP (%)   | MM         | MM (%)       | MMFP       | MMFP (%)    |
|--------------|------------|--------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|-------------|
| 1            | 312        | 78.8         | 179        | 57.4        | 352        | 78.0         | 200        | 56.8        |
| 2            | 69         | 17.4         | 37         | 53.6        | 80         | 17.7         | 35         | 43.8        |
| 3            | 11         | 2.8          | 9          | 81.8        | 12         | 2.7          | 10         | 83.3        |
| 4            | 4          | 1.0          | 0          | 0.0         | 7          | 1.6          | 3          | 42.9        |
| <b>Total</b> | <b>396</b> | <b>100.0</b> | <b>225</b> | <b>56.8</b> | <b>451</b> | <b>100.0</b> | <b>248</b> | <b>55.0</b> |

Na tabela 5.12, constata-se que a agenda cirúrgica semanal obtida através do modelo matemático apresenta, em média, um valor para OL entre 88.4% e 99.5%, um valor para OS entre 62.0% e 88.5% e um valor para OC entre 32.1% e 58.1%. A heurística conta, em média, com OL, OS e OC entre 91.6% e 98.3%, 69.1% e 87.0% e entre 37.8% e 61.0%, na devida ordem. Assim sendo, ambos os procedimentos contribuem para uma utilização eficiente das salas cirúrgicas.

O número de cirurgias agendadas pela heurística/modelo matemático é superior ao número de cirurgias agendadas/registadas pelo CHLN e as percentagens de ocupação em sala e em cirurgia obtidas através de ambos os procedimentos são, também, superiores às percentagens de ocupação em sala e em cirurgia verificadas no CHLN, o que significa que seria vantajoso o hospital adoptar qualquer uma das agendas cirúrgicas semanais programadas pela heurística ou pelo modelo matemático.



Tabela 5.12: Heurística vs Modelo Matemático (Percentagens - LIC2)

|     |    | Heu               |                   |                   |                   |                   | MM                |                   |                   |                   |                   |
|-----|----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|     |    | 2 <sup>a</sup> -f | 3 <sup>a</sup> -f | 4 <sup>a</sup> -f | 5 <sup>a</sup> -f | 6 <sup>a</sup> -f | 2 <sup>a</sup> -f | 3 <sup>a</sup> -f | 4 <sup>a</sup> -f | 5 <sup>a</sup> -f | 6 <sup>a</sup> -f |
| CCT | OL | 95.8              | 92.8              | 95.4              | 95.9              | 96.3              | 98.6              | 98.2              | 97.5              | 98.2              | 95.3              |
|     | OS | 88.1              | 83.3              | 87.1              | 87.9              | 88.4              | 88.3              | 88.7              | 89.2              | 88.7              | 87.4              |
|     | OC | 55.1              | 49.1              | 51.9              | 51.9              | 54.2              | 50.4              | 49.8              | 48.9              | 49.8              | 49.4              |
| CG  | OL | 97.0              | 97.4              | 93.4              | 97.7              | 95.5              | 99.2              | 97.8              | 98.9              | 98.1              | 99.3              |
|     | OS | 77.4              | 79.8              | 79.5              | 84.7              | 78.8              | 85.4              | 83.0              | 79.5              | 83.3              | 85.4              |
|     | OC | 44.7              | 48.9              | 49.4              | 54.0              | 46.7              | 56.6              | 53.4              | 52.5              | 53.1              | 56.0              |
| CPD | OL | 99.6              | 94.1              | 93.8              | 99.7              | 97.6              | 99.8              | 98.8              | 99.7              | 99.7              | 99.6              |
|     | OS | 76.5              | 76.2              | 80.4              | 79.2              | 75.3              | 74.2              | 73.1              | 73.0              | 76.6              | 77.3              |
|     | OC | 34.2              | 37.7              | 42.7              | 38.6              | 35.8              | 30.9              | 30.0              | 28.1              | 35.7              | 36.0              |
| CPL | OL | 98.5              | 93.1              | 91.9              | 98.1              | 97.5              | 97.6              | 96.9              | 98.0              | 98.6              | 99.4              |
|     | OS | 86.2              | 83.9              | 81.7              | 86.9              | 85.2              | 77.9              | 82.1              | 82.6              | 87.5              | 84.6              |
|     | OC | 58.8              | 62.0              | 59.4              | 63.2              | 60.7              | 47.7              | 54.9              | 53.9              | 61.0              | 55.7              |
| CT  | OL | 88.8              | 89.2              | 99.7              | 99.2              | -                 | 91.6              | 88.7              | 99.9              | 96.2              | -                 |
|     | OS | 74.5              | 78.1              | 90.6              | 82.5              | -                 | 82.1              | 77.6              | 87.8              | 85.1              | -                 |
|     | OC | 41.7              | 46.9              | 59.8              | 46.1              | -                 | 53.4              | 47.6              | 56.7              | 52.1              | -                 |
| CVA | OL | 99.8              | 97.1              | 99.8              | 87.9              | 87.6              | 99.3              | 96.4              | 99.3              | 95.8              | 99.3              |
|     | OS | 87.7              | 87.6              | 87.7              | 77.7              | 78.5              | 87.2              | 77.3              | 87.2              | 77.8              | 87.2              |
|     | OC | 57.9              | 57.4              | 52.3              | 55.3              | 47.9              | 59.6              | 52.3              | 59.6              | 51.9              | 59.6              |
| EST | OL | 99.7              | 88.0              | 92.1              | 85.3              | 92.7              | 79.3              | 91.9              | 84.1              | 98.3              | 88.4              |
|     | OS | 73.0              | 68.0              | 67.9              | 65.3              | 71.5              | 59.3              | 71.9              | 62.9              | 78.3              | 67.2              |
|     | OC | 61.0              | 47.7              | 56.2              | 52.3              | 57.4              | 48.1              | 45.2              | 51.0              | 48.3              | 51.0              |
| GIN | OL | 92.0              | 92.4              | 92.4              | 87.1              | 94.8              | 87.0              | 98.4              | 98.4              | 92.7              | 94.6              |
|     | OS | 79.8              | 80.3              | 80.3              | 72.0              | 82.7              | 74.9              | 80.2              | 80.2              | 80.6              | 82.5              |
|     | OC | 50.8              | 49.7              | 52.7              | 46.1              | 56.5              | 47.1              | 54.2              | 54.2              | 52.5              | 54.7              |
| NEU | OL | 92.5              | 90.6              | 88.1              | 93.8              | 95.6              | 99.4              | 96.7              | 96.7              | 96.7              | 87.9              |
|     | OS | 82.5              | 82.3              | 79.8              | 83.8              | 83.1              | 86.0              | 85.1              | 85.1              | 85.1              | 79.5              |
|     | OC | 56.4              | 56.4              | 55.3              | 54.9              | 52.7              | 53.9              | 55.4              | 55.4              | 55.4              | 52.5              |
| OFT | OL | 99.0              | 98.4              | 98.3              | 96.1              | 99.7              | 97.2              | 97.2              | 99.1              | 97.2              | 95.1              |
|     | OS | 73.7              | 68.5              | 71.3              | 66.2              | 69.0              | 60.5              | 60.5              | 61.6              | 60.5              | 66.9              |
|     | OC | 50.9              | 47.0              | 49.6              | 45.3              | 48.5              | 40.6              | 40.6              | 41.4              | 40.6              | 46.1              |
| ORL | OL | 96.8              | 96.5              | 96.9              | 97.9              | 96.7              | 96.5              | 97.6              | 96.5              | 99.7              | 95.5              |
|     | OS | 83.8              | 82.6              | 85.8              | 86.8              | 82.2              | 85.4              | 83.8              | 85.4              | 83.0              | 76.6              |
|     | OC | 60.3              | 58.2              | 63.8              | 65.1              | 57.6              | 65.1              | 59.2              | 65.1              | 55.0              | 46.1              |
| ORT | OL | 99.0              | 97.7              | 95.6              | 94.4              | 94.0              | 96.9              | 99.9              | 98.7              | 99.6              | 97.1              |
|     | OS | 87.9              | 86.6              | 86.4              | 85.1              | 86.6              | 87.6              | 85.1              | 83.9              | 86.6              | 86.1              |
|     | OC | 51.6              | 53.2              | 54.4              | 53.9              | 58.8              | 54.3              | 49.0              | 48.2              | 51.1              | 51.7              |
| URO | OL | 91.5              | 99.5              | 98.8              | 96.6              | 88.9              | 95.7              | 96.4              | 97.5              | 95.6              | 96.8              |
|     | OS | 74.9              | 82.8              | 73.8              | 79.9              | 76.8              | 73.5              | 77.7              | 78.0              | 76.9              | 75.6              |
|     | OC | 54.7              | 52.0              | 41.0              | 48.6              | 50.8              | 42.0              | 45.0              | 46.2              | 45.9              | 44.8              |

### 5.3 Dimensão das listas de espera

O objectivo principal deste trabalho é a diminuição da dimensão das listas de espera e, como tal, na tabela 5.13 encontra-se o número de cirurgias em LIC na Sexta-feira de planeamento (NC), o número de cirurgias agendadas pela heurística (**Heu**) e a respectiva percentagem (**Heu**

(%)), para cada um dos serviços cirúrgicos (**Serv**) e para cada uma das semanas em estudo. Para além disso, também se indicam os tempos disponíveis em sala em minutos afectos a cada especialidade cirúrgica durante cada uma das semanas de planeamento (**SMin**).

Tabela 5.13: Percentagem de diminuição da dimensão das listas de espera

| <b>Serv</b>  | <b>LIC1</b> |            |                |              | <b>LIC2</b> |            |                |              |
|--------------|-------------|------------|----------------|--------------|-------------|------------|----------------|--------------|
|              | <b>NC</b>   | <b>Heu</b> | <b>Heu (%)</b> | <b>SMin</b>  | <b>NC</b>   | <b>Heu</b> | <b>Heu (%)</b> | <b>SMin</b>  |
| <b>CCT</b>   | 173         | 27         | 15.6           | 6660         | 173         | 23         | 13.3           | 5520         |
| <b>CG</b>    | 488         | 58         | 11.9           | 7260         | 556         | 65         | 11.7           | 7860         |
| <b>CPD</b>   | 243         | 34         | 14.0           | 3240         | 239         | 32         | 13.4           | 3240         |
| <b>CPL</b>   | 534         | 25         | 4.7            | 4800         | 543         | 25         | 4.6            | 4560         |
| <b>CT</b>    | 110         | 11         | 10.0           | 2160         | 85          | 11         | 12.9           | 1800         |
| <b>CVA</b>   | 830         | 15         | 1.8            | 2580         | 1038        | 17         | 1.6            | 3180         |
| <b>EST</b>   | 411         | 28         | 6.8            | 2280         | 408         | 25         | 6.1            | 2220         |
| <b>GIN</b>   | 182         | 19         | 10.4           | 2640         | 166         | 17         | 10.2           | 2640         |
| <b>NEU</b>   | 705         | 33         | 4.7            | 6360         | 791         | 28         | 3.5            | 5760         |
| <b>OFT</b>   | 1052        | 58         | 5.5            | 4080         | 1111        | 62         | 5.6            | 4350         |
| <b>ORL</b>   | 606         | 32         | 5.3            | 4260         | 669         | 30         | 4.5            | 4620         |
| <b>ORT</b>   | 816         | 28         | 3.4            | 5760         | 937         | 26         | 2.8            | 5400         |
| <b>URO</b>   | 562         | 34         | 6.0            | 4080         | 583         | 35         | 6.0            | 4020         |
| <b>Total</b> | <b>6712</b> | <b>402</b> | <b>6.0</b>     | <b>56160</b> | <b>7299</b> | <b>396</b> | <b>5.4</b>     | <b>55170</b> |

Na LIC1 e na LIC2 encontram-se, respectivamente, 6712 e 7299 intervenções cirúrgicas a aguardar por uma resposta à data de 29-01-2016 e de 15-04-2016, na devida ordem. No total, foram programadas, pela heurística, 402 e 396 cirurgias electivas para as semanas com início a 01-02-2016 e a 18-04-2016, por esta ordem, o que corresponde a uma percentagem de diminuição da dimensão da LIC de 6.0% e 5.4%, respectivamente. Repare-se que dadas as elevadas dimensões das listas de espera e o curto horizonte temporal de planeamento de uma semana, as percentagens de diminuição das listas de espera nunca serão muito elevadas, no entanto a heurística apresenta resultados mais satisfatórios que a realidade hospitalar.

OFT e CVA são as especialidades cirúrgicas com mais intervenções cirúrgicas em LIC e, no entanto, os tempos semanais em sala afectos a esses mesmos serviços são inferiores aos tempos afectos a especialidades como CCT e CG que apresentam um número de intervenções cirúrgicas a aguardar por cirurgia bem mais reduzido. Se possível, a reestruturação dos *MSS* poderia ser vantajoso para o CHLN.

Na tabela 5.14, apresenta-se a duração média em sala, com tempo de limpeza incluído, das cirurgias agendadas pela heurística e a duração média em sala, contabilizando o tempo de limpeza, das intervenções cirúrgicas realizadas pelo CHLN (**DurMedHeu** e **DurMedRH**, respectivamente), para cada uma das semanas de planeamento. Dado que o objectivo da heurística é agendar o maior número possível de cirurgias electivas, é natural que as durações médias em sala das intervenções cirúrgicas marcadas pela heurística sejam inferiores às durações médias em sala das cirurgias realizadas pelo CHLN. Nessa mesma tabela pode observar-se que o hospital apresenta, em média, tempos em sala superiores aos da heurística. Note-se que aqui é indiferente analisar o tempo em sala com ou sem limpeza.

Tabela 5.14: Duração média das cirurgias

| Serv       | 01 a 05-02-2016 |              | 18 a 22-04-2016 |              |
|------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
|            | DurMed<br>Heu   | DurMed<br>RH | DurMed<br>Heu   | DurMed<br>RH |
| <b>CCT</b> | 234             | 239          | 228             | 232          |
| <b>CG</b>  | 122             | 145          | 116             | 145          |
| <b>CPD</b> | 90              | 86           | 98              | 98           |
| <b>CPL</b> | 188             | 163          | 175             | 168          |
| <b>CT</b>  | 191             | 218          | 155             | 199          |
| <b>CVA</b> | 163             | 155          | 176             | 183          |
| <b>EST</b> | 80              | 97           | 82              | 80           |
| <b>GIN</b> | 130             | 140          | 142             | 156          |
| <b>NEU</b> | 185             | 200          | 189             | 273          |
| <b>OFT</b> | 69              | 66           | 69              | 50           |
| <b>ORL</b> | 129             | 129          | 149             | 121          |
| <b>ORT</b> | 199             | 174          | 200             | 269          |
| <b>URO</b> | 112             | 130          | 110             | 111          |

## 5.4 Conclusões

O número médio de dias que uma cirurgia está em lista de espera também pode ser utilizado para avaliar a qualidade das soluções obtidas pela heurística/hospital. Considerando apenas as intervenções cirúrgicas agendadas/realizadas cujo tempo máximo de resposta se encontra ultrapassado na data de planeamento/realização, observa-se que as agendas cirúrgicas obtidas através da heurística e a realidade do hospital diferem bastante.

Sejam **MDHeu** e **MDRH** o número médio de dias que uma cirurgia está em lista de espera, após ser ultrapassado o seu TMR, para as intervenções cirúrgicas marcadas pela heurística e realizadas pelo hospital, respectivamente.

Na semana com início a 01-02-2016, a heurística agenda 24 cirurgias electivas da especialidade de Cirurgia Plástica cujo TMR, à data prevista de realização, se encontra ultrapassado, em média, há 1248 dias, enquanto o hospital não realiza uma única cirurgia dessa especialidade cujo TMR se encontre ultrapassado. Na semana com início a 18-04-2016, a heurística programa 28 cirurgias electivas pertencentes ao serviço cirúrgico de Neurocirurgia cujo TMR, à data prevista de realização, se encontra ultrapassado, em média, há 835 dias. Contudo, o centro hospitalar realiza apenas uma intervenção cirúrgica cujo TMR se encontra ultrapassado há 21 dias, na data de realização.

Na semana de 01-02-2016 a 05-02-2016,  $MDHeu < MDRH$  para CG ( $50 < 102$ ) e, na semana de 18-04-2016 a 22-04-2016,  $MDHeu < MDRH$  para CT, OFT, ORL e URO ( $13 < 25$ ,  $45 < 70$ ,  $75 < 235$  e  $350 < 913$ , na devida ordem), contudo a heurística programa 6, 2, 8, 21 e 34 cirurgias electivas de CG, CT, OFT, ORL e URO, respectivamente, cujo TMR se encontra ultrapassado na data prevista de realização, enquanto o centro hospitalar só realiza 1 cirurgia nessas condições para as especialidades de CG, CT, OFT e ORL e 2 para a especialidade de URO. A título de exemplo, das 21 cirurgias da especialidade de ORL agendadas pela heurística, cujo TMR se encontra ultrapassado, 2 delas apresentam um número de dias em LIC após ser ultrapassado o

TMR superior a 235 (na semana com início a 18-04-2016, MDRH é igual a 235 para ORL).

Tabela 5.15: Número médio de dias que uma intervenção cirúrgica está em LIC após ser ultrapassado o seu TMR, por serviço cirúrgico

| Serv         | LIC1       |           |           |          | LIC2       |           |           |          |
|--------------|------------|-----------|-----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|
|              | Heu<br>FP  | RH<br>FP  | MD<br>Heu | MD<br>RH | Heu<br>FP  | RH<br>FP  | MD<br>Heu | MD<br>RH |
| <b>CCT</b>   | 25         | 5         | 45        | 22       | 20         | 5         | 41        | 41       |
| <b>CG</b>    | 6          | 1         | 50        | 102      | 23         | 1         | 56        | 35       |
| <b>CPD</b>   | 0          | 0         | -         | -        | 0          | 0         | -         | -        |
| <b>CPL</b>   | 24         | 0         | 1248      | -        | 24         | 1         | 1089      | 251      |
| <b>CT</b>    | 4          | 1         | 19        | 12       | 2          | 1         | 13        | 25       |
| <b>CVA</b>   | 15         | 1         | 368       | 117      | 16         | 5         | 358       | 36       |
| <b>EST</b>   | 17         | 2         | 52        | 10       | 23         | 0         | 71        | -        |
| <b>GIN</b>   | 4          | 1         | 49        | 11       | 4          | 0         | 59        | -        |
| <b>NEU</b>   | 33         | 3         | 764       | 403      | 28         | 1         | 835       | 21       |
| <b>OFT</b>   | 3          | 0         | 97        | -        | 8          | 1         | 45        | 70       |
| <b>ORL</b>   | 19         | 2         | 190       | 9        | 21         | 1         | 75        | 235      |
| <b>ORT</b>   | 25         | 2         | 407       | 92       | 22         | 5         | 463       | 172      |
| <b>URO</b>   | 34         | 2         | 447       | 201      | 34         | 2         | 350       | 913      |
| <b>Total</b> | <b>209</b> | <b>20</b> | -         | -        | <b>225</b> | <b>23</b> | -         | -        |

Na tabela 5.16, a informação exibida na tabela 5.15 encontra-se agrupada por nível de prioridade.

Tabela 5.16: Número médio de dias que uma intervenção cirúrgica está em LIC após ser ultrapassado o seu TMR, por nível de prioridade

| Prio         | LIC1       |           |           |          | LIC2       |           |           |          |
|--------------|------------|-----------|-----------|----------|------------|-----------|-----------|----------|
|              | Heu<br>FP  | RH<br>FP  | MD<br>Heu | MD<br>RH | Heu<br>FP  | RH<br>FP  | MD<br>Heu | MD<br>RH |
| <b>1</b>     | 165        | 11        | 533       | 184      | 179        | 13        | 435       | 262      |
| <b>2</b>     | 30         | 8         | 113       | 19       | 37         | 9         | 117       | 33       |
| <b>3</b>     | 14         | 1         | 81        | 11       | 9          | 1         | 119       | 7        |
| <b>Total</b> | <b>209</b> | <b>20</b> | -         | -        | <b>225</b> | <b>23</b> | -         | -        |

O hospital em estudo não adoptou o modelo matemático desenvolvido por Ferreira [24] por exigir a utilização de um *software* dispendioso. Com a heurística desenvolvida na dissertação em causa essa barreira foi ultrapassada, uma vez que a heurística permite obter soluções de boa qualidade e em tempo útil e com recurso a uma linguagem de programação gratuita.

As agendas cirúrgicas semanais obtidas com a heurística desenvolvida apresentam um número de intervenções cirúrgicas programadas superiores ao número de cirurgias agendadas/realizadas pelo CHLN, podendo esse valor ser ainda melhorado com pequenos ajustes a ambas as fases construtiva e de melhoramento da heurística.

# Capítulo 6

## Interface

No presente capítulo é explicada a interface construída, *Planeamento de cirurgias*, e a sua utilização.

Ao abrir a interface, clicando no atalho *executavel.bat*, ilustrado na figura 6.1, observam-se diversos campos, todos preenchidos com valores por defeito, à excepção dos campos afectos à *Seleção dos ficheiros*, que aparecem vazios, obrigando o utilizador, como o nome indica, a seleccionar os documentos de leitura.



Figura 6.1: Executável

Após serem fornecidas todas as informações necessárias, basta clicar no botão **Executar** e, se todos os parâmetros forem válidos, esperar que o *Excel* com a proposta de agenda cirúrgica semanal seja criado.

Nos subcapítulos deste capítulo, assume-se que a data actual é Sexta-feira 29-01-2016 e exemplifica-se o planeamento realizado nessa mesma data, para a semana seguinte, com início na Segunda-feira 01-02-2016. Por defeito, a interface sugere a Segunda-feira mais próxima, logo ao simular o planeamento realizado na Sexta-feira 29-01-2016, o primeiro dia de agendamento proposto pela interface é a Segunda-feira 01-02-2016.

### 6.1 Estrutura da Interface

A interface *Planeamento de cirurgias* encontra-se dividida em nove partes, sete das quais correspondem a *inputs* e as restantes dizem respeito ao botão **Executar** e a uma caixa de texto que dará informações úteis ao utilizador.

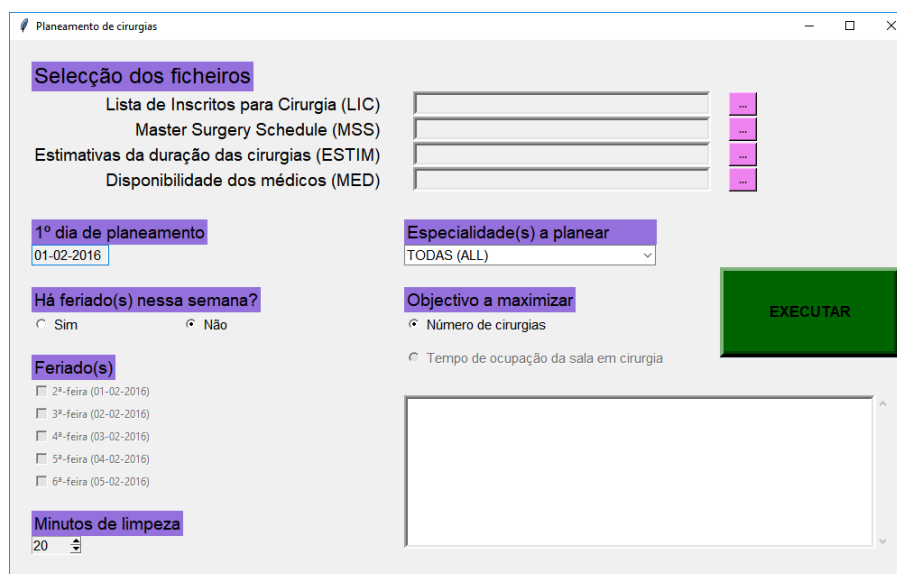


Figura 6.2: Interface aberta na Sexta-feira 29-01-2016

Para evitar que os dados fornecidos pelo utilizador contenham erros, não é possível a inserção de texto na interface.

A secção ***Seleção dos ficheiros*** é a única onde, apesar de não ser possível introduzir texto, o utilizador, ao clicar nas reticências, tem a liberdade de escolher qualquer ficheiro, o que não corresponde ao cenário ideal.

Para tentar colmatar, ao máximo, essa situação, se não forem escolhidos ficheiros *Excel* com o número adequado de colunas, o planeamento semanal não é realizado.

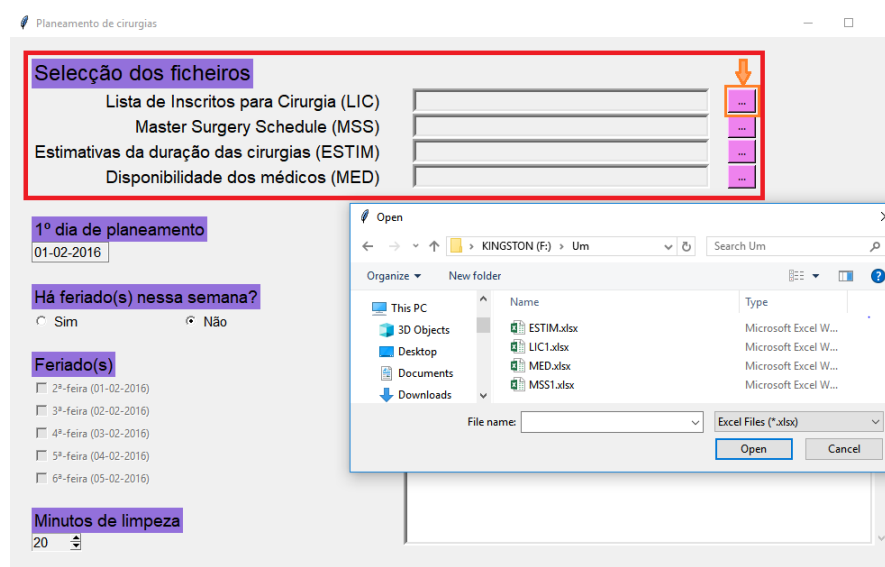


Figura 6.3: Seleção dos ficheiros

As restantes áreas que recebem *inputs* encontram-se preenchidas com valores por defeito, podendo os mesmos ser alterados dentro de um conjunto de opções predeterminado, impedindo seleções inválidas.

No campo ***1º dia de planeamento***, a data seleccionada, por defeito, é a Segunda-feira mais próxima. Ao carregar em cima da mesma, surge um calendário e basta clicar no dia pretendido

para modificar a data.

Figura 6.4: 1º dia de planeamento

Para facilitar a manipulação do calendário, existem os seguintes atalhos<sup>1</sup>:

- CTRL + PAGE UP: mês anterior;
- CTRL + PAGE DOWN: mês seguinte;
- CTRL + SHIFT + PAGE UP: ano anterior;
- CTRL + SHIFT + PAGE DOWN: ano seguinte;
- CTRL + LEFT: dia anterior;
- CTRL + RIGHT: dia seguinte;
- CTRL + END: fecha o calendário e apaga a data;
- CTRL + HOME: mês corrente;
- CTRL + SPACE: mostra a data no calendário;
- CTRL + Return: define para entrada a selecção corrente.

Os campos *Há feriado(s) nessa semana?* e *Feriado(s)* estão interligados, visto que só faz sentido seleccionar feriados se os mesmos efectivamente existirem. Por defeito, a resposta a essa pergunta é *Não*, impossibilitando a escolha de feriados. Caso se responda *Sim*, a área *Feriado(s)* fica disponível e dá para assinalar as datas que correspondem a feriados, clicando nos quadrados que se situam à esquerda das respectivas datas.

<sup>1</sup>Com o auxílio das setas presentes no calendário também é possível mudar de mês.

Figura 6.5: Há feriado(s) nessa semana?/Feriado(s)

Os *Minutos de limpeza* estão fixos em 20, podendo ser incrementados ou decrementados, com o auxílio das setas, à direita. Por cada clique na seta de cima, incrementa-se uma unidade e, por cada clique na seta de baixo, decrementa-se uma.

Figura 6.6: Minutos de limpeza

Na secção **Especialidade(s) a planear**, encontra-se, por defeito, a opção *TODAS (ALL)*. Carregando na seta à direita, aparecem as seguintes alternativas: *CIRURGIA CARDIOTORÁCICA (CCT)*, *CIRURGIA GERAL (CG)*, *CIRURGIA PEDIÁTRICA (CPD)*, *CIRURGIA PLÁSTICA (CPL)*, *CIRURGIA TORÁCICA (CT)*, *CIRURGIA VASCULAR (CVA)*, *ESTOMATOLOGIA (EST)*, *GINECOLOGIA (GIN)*, *NEUROCIRURGIA (NEU)*, *OFTALMOLOGIA (OFT)*, *ORTOPEDIA (ORT)*, *OTORRINOLARINGOLOGIA (ORL)* e *UROLOGIA (URO)*.



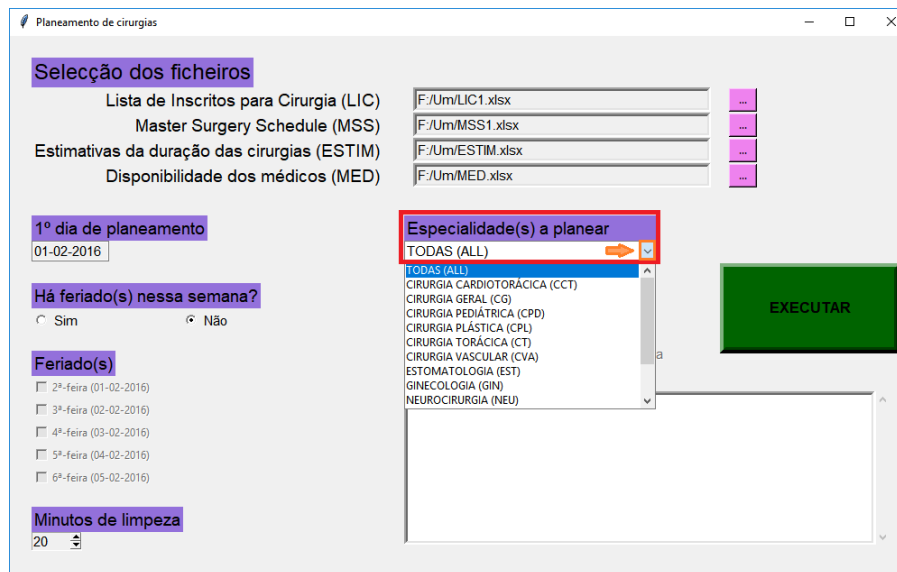


Figura 6.7: Especialidade(s) a planear

Para finalizar, vem o último campo, *Objectivo a maximizar*. Apesar de haver duas opções, *Número de cirurgias* e *Tempo de ocupação da sala em cirurgia*, só se encontra disponível a primeira, por ser o objectivo da heurística deste trabalho.

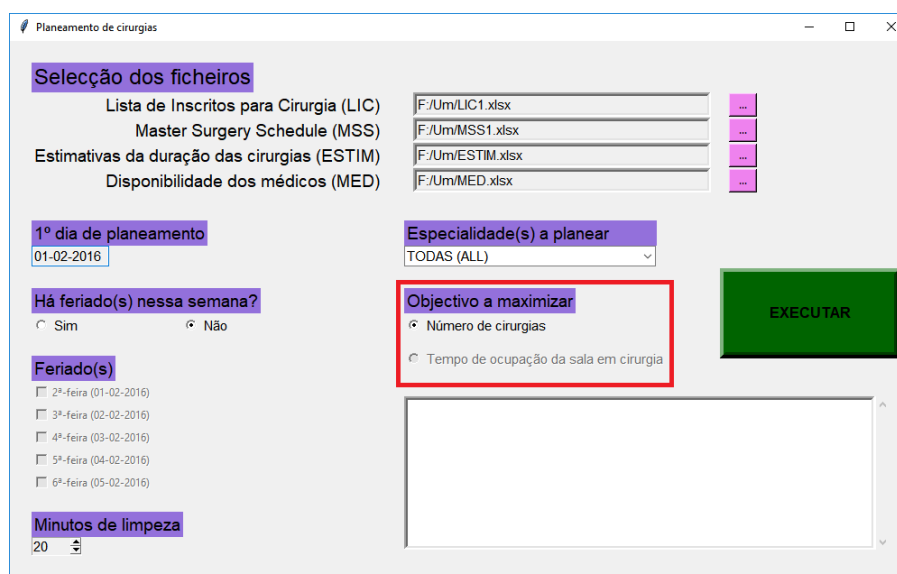


Figura 6.8: Objectivo a maximizar

## 6.2 Execução da Heurística Desenvolvida

Para uma correcta execução da heurística desenvolvida é necessário que, nas selecções dos ficheiros e data, determinadas regras sejam respeitadas. Os ficheiros de leitura têm que ser ficheiros *Excel* no formato *.xlsx*, não conter cabeçalhos e possuir um número específico de colunas. O primeiro dia de planeamento tem de corresponder a uma Segunda-feira.

As 10 colunas da LIC (colunas A a J), devem estar ordenadas da seguinte maneira: número do doente, data de nascimento do paciente, número e data de inclusão do utente em LIC, nível de prioridade da respectiva intervenção cirúrgica, âmbito da cirurgia, serviço, código de operação,

estado actual do paciente e número mecanográfico do cirurgião responsável. A cada linha está associada uma intervenção cirúrgica.

|    | A    | B        | C        | D        | E      | F            | G                    | H    | I             | J     |
|----|------|----------|----------|----------|--------|--------------|----------------------|------|---------------|-------|
| 1  | 90   | 17-12-49 | 12273485 | 27-10-15 | Normal | Convencional | OTORRINOLARINGOLOGIA | 1952 | Inscrito      | 50098 |
| 2  | 187  | 08-09-63 | 12135468 | 19-06-15 | Normal | Convencional | ORTOPEDIA            | 8021 | VC/NT emitido | 38124 |
| 3  | 349  | 04-02-38 | 12278446 | 04-11-15 | Normal | Ambulatório  | OFTALMOLOGIA         | 149  | Inscrito      | 28443 |
| 4  | 364  | 03-12-68 | 12244165 | 23-09-15 | Normal | Ambulatório  | GINECOLOGIA          | 596  | Inscrito      | 41912 |
| 5  | 458  | 18-11-50 | 12145185 | 30-06-15 | Normal | Convencional | ORTOPEDIA            | 8154 | Inscrito      | 36490 |
| 6  | 580  | 28-03-76 | 12281045 | 06-11-15 | Normal | Ambulatório  | CIRURGIA VASCULAR    | 3859 | Inscrito      | 46662 |
| 7  | 804  | 02-05-29 | 12271225 | 22-10-15 | Normal | Ambulatório  | OFTALMOLOGIA         | 1341 | Inscrito      | 16765 |
| 8  | 1077 | 02-03-49 | 12243465 | 23-09-15 | Normal | Convencional | UROLOGIA             | 5979 | Inscrito      | 34160 |
| 9  | 1234 | 03-07-48 | 12278045 | 03-11-15 | Normal | Convencional | UROLOGIA             | 604  | Inscrito      | 51202 |
| 10 | 1469 | 18-04-37 | 12227745 | 07-09-15 | Normal | Ambulatório  | UROLOGIA             | 612  | Inscrito      | 27441 |

Figura 6.9: Exemplo de LIC

As 12 colunas, ordenadas, do *MSS* (colunas A a L) dizem respeito aos bloco, sala, serviço/especialidade e tempo disponível em sala (em minutos), para cada dia da semana.

|    | A | B  | C   | D   | E   | F   | G   | H   | I   | J   | K   | L   |
|----|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1  | 1 | 1  | URO | 300 | URO | 300 | URO | 300 | URO | 300 | URO | 300 |
| 2  | 2 | A  | -   | 0   | CG  | 660 | EST | 360 | -   | 0   | CCT | 360 |
| 3  | 2 | B  | CG  | 420 | CG  | 420 | CG  | 420 | CVA | 420 | CG  | 360 |
| 4  | 2 | C  | -   | 0   | -   | 0   | -   | 0   | -   | 0   | ORL | 660 |
| 5  | 2 | D  | CT  | 660 | CT  | 420 | CT  | 660 | CT  | 420 | CPL | 360 |
| 6  | 2 | E  | NEU | 360 | ORT | 360 | -   | 0   | -   | 0   | -   | 0   |
| 7  | 2 | F  | -   | 0   | -   | 0   | -   | 0   | -   | 0   | -   | 0   |
| 8  | 3 | 1A | ORT | 660 | ORT | 420 | ORT | 660 | ORT | 420 | ORT | 660 |
| 9  | 3 | 1B | ORT | 420 | ORT | 660 | ORT | 420 | ORT | 660 | ORT | 420 |
| 10 | 3 | 2A | CG  | 660 | CG  | 420 | CG  | 660 | CG  | 420 | CG  | 0   |

Figura 6.10: Exemplo de *MSS*

As 4 colunas, de A a D, do ficheiro *ESTIM* correspondem, respectivamente, à especialidade, ao código da cirurgia, à estimativa do tempo em cirurgia (em minutos) e do tempo de ocupação da sala (em minutos), sem incluir o tempo de limpeza.

|    | A   | B     | C   | D   |
|----|-----|-------|-----|-----|
| 1  | CCT | Outro | 206 | 122 |
| 2  | CCT | 0522  | 67  | 29  |
| 3  | CCT | 0782  | 142 | 61  |
| 4  | CCT | 3221  | 136 | 54  |
| 5  | CCT | 3226  | 193 | 86  |
| 6  | CCT | 3229  | 185 | 74  |
| 7  | CCT | 3239  | 169 | 67  |
| 8  | CCT | 3241  | 240 | 126 |
| 9  | CCT | 3249  | 245 | 126 |
| 10 | CCT | 3259  | 254 | 123 |

Figura 6.11: Exemplo de *ESTIM*

As 7 colunas, de A a G, do *Excel MED* dizem respeito ao número mecanográfico do cirurgião e ao tempo disponível do cirurgião (em minutos), de Segunda a Sexta-feira e semanalmente, por esta ordem.

|    | A     | B   | C   | D   | E   | F   | G    |
|----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 2  | 27231 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 1512 |
| 3  | 27740 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 1512 |
| 4  | 30156 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 1512 |
| 5  | 30419 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 1512 |
| 6  | 30566 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 1512 |
| 7  | 34116 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 1512 |
| 8  | 34223 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 1512 |
| 9  | 38129 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 1512 |
| 10 | 40872 | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 | 1512 |

Figura 6.12: Exemplo de MED

Se tudo estiver conforme indicado, o botão **Executar** pode ser pressionado.

The screenshot shows the 'Planeamento de cirurgias' window. On the right side, there is a green button labeled 'EXECUTAR' which is highlighted with a red rectangular border and a large red arrow pointing towards it. The window contains various input fields and checkboxes for scheduling parameters.

Figura 6.13: Botão *Executar* e caixa de texto

Durante a execução do algoritmo, o botão **Executar** fica inativo, o texto do mesmo muda para **A EXECUTAR...** e a sua cor passa de verde para cinzento. Para além disso, surge uma mensagem na caixa de texto a indicar que o planeamento se encontra em curso.

This screenshot shows the same window after the execution process has started. The 'EXECUTAR' button is now grey and labeled 'A EXECUTAR...'. Below it, in the text box area, a message appears: 'Planeamento (ALL) em curso! Por favor, aguarde.'

Figura 6.14: **A EXECUTAR...**

No fim, já com a agenda criada, o botão **Executar** volta à normalidade, isto é, apresenta o texto e a cor iniciais e encontra-se activo, e o utilizador, através da caixa de texto, fica a saber onde pode consultar o respectivo ficheiro de resultados e se existem cirurgias de urgência diferida por planear.

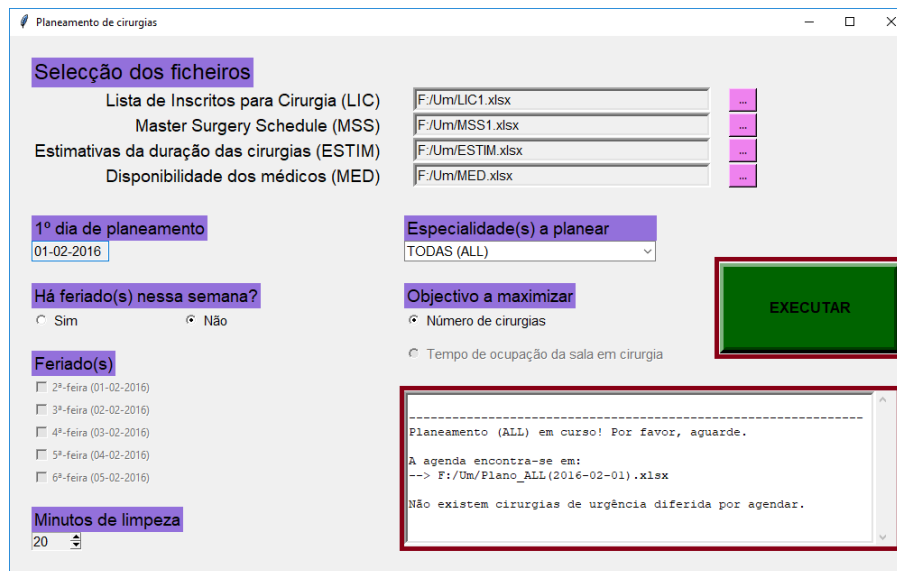


Figura 6.15: Execução concluída

Caso se tente repetir um planeamento, surge uma mensagem na caixa de texto, a indicar que esse agendamento já foi realizado, não sendo criado um novo ficheiro, mesmo que se altere o primeiro dia de marcação de cirurgias. Para contornar essa situação, basta fechar e voltar a abrir a interface.

### 6.3 Mensagens de erro e de aviso

Em caso de erro, para alertar o utilizador, surgem mensagens de erro ou de aviso.

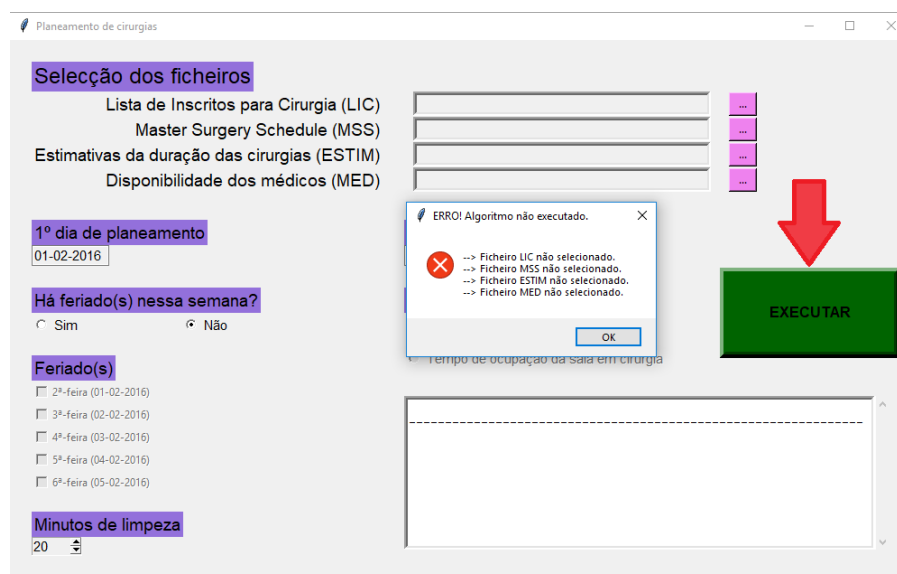


Figura 6.16: Ausência de ficheiros

Se o utilizador não preencher a secção *Seleção dos ficheiros* e clicar no botão *Executar*, aparece a mensagem de erro da figura 6.16.

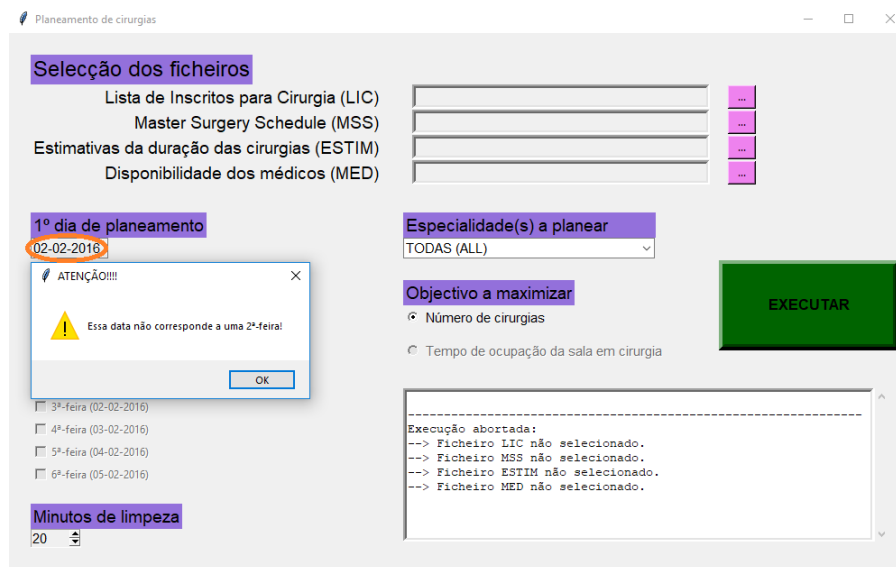


Figura 6.17: Data inválida

Caso a data escolhida não corresponda a uma Segunda-feira, o utilizador é informado do sucedido, através duma mensagem de aviso.

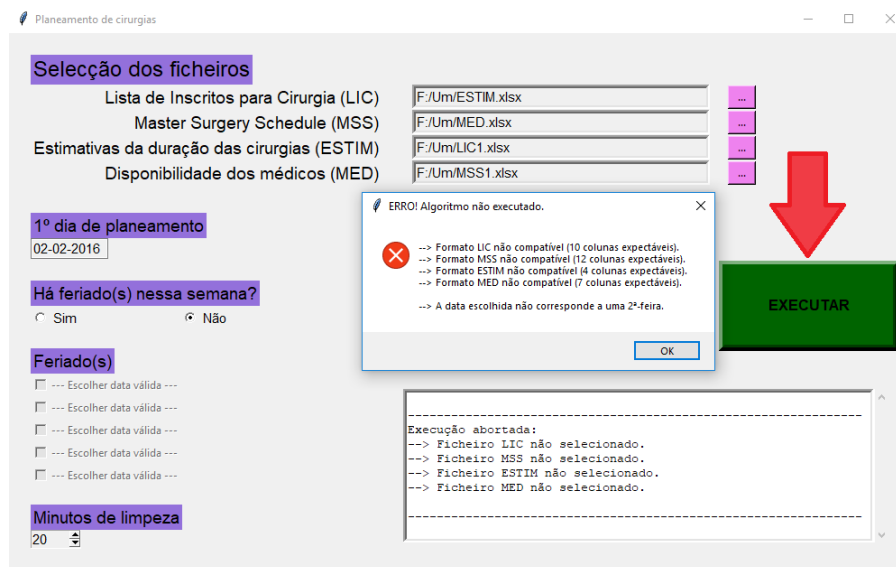


Figura 6.18: Ficheiros e data errados

Por fim, se os ficheiros *Excel* escolhidos não tiverem o número certo de colunas, aparece uma mensagem de erro, após ser pressionado o botão *Executar*.

## 6.4 Visualização dos Resultados

O ficheiro *Excel* correspondente ao agendamento é guardado no mesmo local onde está o ficheiro com a LIC escolhida.

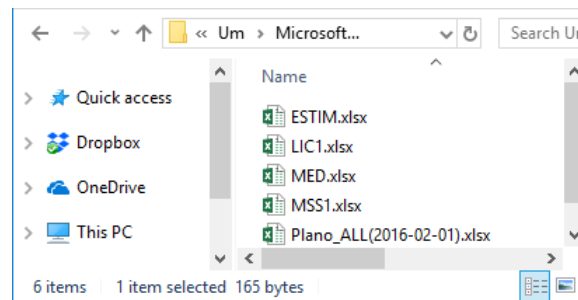


Figura 6.19: Local onde se encontra o ficheiro *Excel* com o planeamento

No *Excel* onde se obtém a agenda cirúrgica semanal encontram-se duas folhas, como ilustrado na figura 6.20. Na primeira, *Planeamento*, podem observar-se os números de LIC afectos para cada sala de cada bloco, em cada dia da semana. A segunda e última folha, *UrgDiferidas não agendadas*, é composta apenas por uma coluna que indica os números de LIC relativos às cirurgias de urgência diferida que ficaram por agendar. Neste caso, como não existem intervenções cirúrgicas com nível de prioridade 4 por marcar, a coluna **N\_LIC** está vazia.

|    | A     | B     | C        | D        | E        | F        | G        |  | A  | B     | C | D |
|----|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|--|----|-------|---|---|
| 1  | Bloco | Sala  | 2a-feira | 3a-feira | 4a-feira | 5a-feira | 6a-feira |  | 1  | N_LIC |   |   |
| 2  | 1     | 1     | 12104585 | 12141465 | 11579885 | 11578625 | 11702245 |  | 2  |       |   |   |
| 3  |       |       | 11375285 | 11059546 | 11601005 | 11648225 | 11743165 |  | 3  |       |   |   |
| 4  |       |       | 11513086 | 11541565 | 11267445 |          | 11474745 |  | 4  |       |   |   |
| 5  |       |       |          | 11842805 |          |          |          |  | 5  |       |   |   |
| 6  | ***** | ***** | *****    | *****    | *****    | *****    | *****    |  | 6  |       |   |   |
| 7  | 2     | A     |          | 12149565 | 12046585 |          | 12273305 |  | 7  |       |   |   |
| 8  |       |       |          | 12154645 | 12049705 |          | 12203345 |  | 8  |       |   |   |
| 9  |       |       |          | 12165065 | 12062666 |          |          |  | 9  |       |   |   |
| 10 |       |       |          | 12228725 | 12066025 |          |          |  | 10 |       |   |   |
| 11 |       |       |          | 12232565 | 12339176 |          |          |  | 11 |       |   |   |
| 12 |       |       |          | 12233085 |          |          |          |  | 12 |       |   |   |
| 13 |       |       |          | 12246206 |          |          |          |  | 13 |       |   |   |
| 14 | ***** | ***** | *****    | *****    | *****    | *****    | *****    |  | 14 |       |   |   |

Figura 6.20: Ficheiro *Excel* com o planeamento

## Capítulo 7

# Conclusões e Trabalho Futuro

No presente capítulo, resume-se o trabalho realizado, nesta dissertação, e indicam-se as conclusões mais relevantes do estudo feito. Por haver sempre pontos a melhorar e a acrescentar, são sugeridos tópicos a aperfeiçoar e a explorar, em trabalhos futuros.

### 7.1 Conclusões

A elaboração desta dissertação de mestrado, em parceria com o Centro Hospitalar Lisboa Norte (CHLN), centrou-se no problema de planeamento de cirurgias electivas. Neste trabalho, com o intuito de reduzir o número de inscritos em lista de espera para cirurgias, desenvolveu-se e implementou-se uma heurística para auxiliar os decisores no processo de agendamento de cirurgias electivas do hospital público em estudo. O algoritmo é composto por duas fases e respeita os critérios de equidade no acesso ao tratamento cirúrgico, estipulados pelo SIGIC.

Inicialmente, com a aplicação da fase construtiva da heurística, obtém-se uma solução admissível para o planeamento cirúrgico e, posteriormente, a qualidade dessa mesma solução é melhorada através da fase de melhoramento da heurística. Desta forma, consegue-se uma agenda cirúrgica semanal, onde são escolhidos os utentes em LIC a operar, em cada dia da semana e em cada sala cirúrgica de cada bloco operatório, tendo em conta o nível de prioridade das cirurgias e a antiguidade dos utentes em LIC.

Para que o CHLN possa tornar o seu processo de marcação de intervenções cirúrgicas mais automatizado e sistemático, criou-se uma interface de fácil utilização que permite a alteração de alguns parâmetros previamente definidos; recebe uma lista de inscritos para cirurgia, o *MSS* em vigor na respectiva semana de planeamento, as estimativas dos tempos em sala e em cirurgia e os limites diário e semanal de cada cirurgião e devolve uma agenda cirúrgica semanal num ficheiro *Excel*.

O centro hospitalar em causa disponibilizou a LIC existente em duas Sextas-feiras de 2016: 29 de Janeiro e 15 de Abril, e a heurística, implementada na linguagem de programação recente e gratuita *Python 3.6*, foi testada nessas duas instâncias, tendo-se obtido o planeamento cirúrgico, de Segunda-feira a Sexta-feira, para as semanas com início a 01-02-2016 e a 18-04-2016, respectivamente.

Ao comparar os planos operatórios e os registos históricos hospitalares das semanas em estudo, com as correspondentes agendas cirúrgicas semanais conseguidas através da heurística,

conclui-se que diferem bastante entre si, existindo poucas cirurgias em comum entre os planos operatórios/registos históricos e as agendas cirúrgicas semanais. A administração do centro hospitalar pretende alcançar as metas e os objectivos definidos pelo Ministério da Saúde, no entanto o tempo máximo de resposta da maioria das cirurgias marcadas pelo CHLN não foi ultrapassado, apesar do grande número de doentes em lista de espera para cirurgias cujo prazo clinicamente aceitável para a sua realização já foi ultrapassado. Isto é consequência dos cirurgiões se lembrarem melhor dos utentes que viram há menos tempo. Pelo contrário, a heurística agenda, maioritariamente, cirurgias cujo tempo clinicamente aceitável para realização das mesmas se encontra ultrapassado, tendo em atenção o nível de prioridade das mesmas.

Em 2017, Ferreira [24] analisou este mesmo problema, tendo desenvolvido um modelo matemático em programação linear inteira, cujos resultados computacionais, conseguidos em tempo útil, foram bastante satisfatórios. Contudo, o centro hospitalar não adoptou essa metodologia, por implicar a utilização do *CPLEX*, um *software* de optimização bastante dispendioso.

Ao testar a heurística nas duas instâncias fornecidas pelo CHLN, obtiveram-se resultados computacionais com qualidade semelhante à das soluções conseguidas através da optimização do modelo matemático [24] e com tempos de execução reduzidos. Apesar de não ser o foco deste trabalho, as agendas cirúrgicas semanais sugeridas pela heurística contribuem para uma utilização eficaz e eficiente dos blocos operatórios, uma vez que a percentagem de ocupação dos mesmos, em ambas as semanas de planeamento, é bastante elevada.

## 7.2 Trabalho Futuro

O tempo computacional despendido na obtenção das agendas cirúrgicas semanais é reduzido, no entanto o código em *Python*, utilizado na heurística, pode ser optimizado através de funções aceleradoras, tornando a execução do algoritmo ainda mais rápida.

A criação e posterior comparação de diversas heurísticas para este mesmo problema, assim como a realização de pequenos ajustes nas fases construtiva e de melhoramento da heurística desenvolvida nesta dissertação, podem ajudar a que as soluções admissíveis inicial e final obtidas se aproximem cada vez mais da solução óptima.

As durações das intervenções cirúrgicas (tempo em sala e em cirurgia) são estocásticas, no entanto, neste estudo, o cálculo das mesmas é feita de forma determinística, com base no registo histórico hospitalar de 3 anos e 2 semanas, o que pode ter implicações práticas indesejadas, tanto no funcionamento do bloco operatório, como na vida dos utentes e dos cirurgiões. Para tentar colmatar, ao máximo, o erro associado às agendas cirúrgicas semanais, os cirurgiões mais experientes podem indicar uma estimativa do tempo necessário para realizarem determinada cirurgia, tendo em conta o estado clínico do paciente. Também seria conveniente actualizar as durações dos diferentes procedimentos cirúrgicos com base nos valores obtidos no histórico mais recente e permitir a actualização diária do plano semanal.

A interface criada pode ser melhorada a nível informático, tendo em conta as necessidades do utilizador, permitindo, por exemplo, que o mesmo aceda à agenda cirúrgica semanal noutro formato ou noutro local.



# Referências

- [1] Ministério da Saúde. Portaria n.º 45/2008. *Diário da República, 1ª série – N.º 10*, pages 526–536, 2008.
- [2] Ministério da Saúde. Portaria n.º 87/2015. *Diário da República, 1ª série – N.º 57*, pages 1656–1659, 2015.
- [3] B. Cardoen, E. Demeulemeester, and J. Beliën. Operating room planning and scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 201(3):921–932, 2010.
- [4] F. Guerriero and R. Guido. Operational research in the management of the operating theatre: a survey. *Health Care Management Science*, 14(1):89–114, Mar 2011.
- [5] S. A. Erdogan and B. T. Denton. Surgery planning and scheduling. *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, pages 1–13, 2011.
- [6] C. Van Riet and E. Demeulemeester. Trade-offs in operating room planning for electives and emergencies: A review. *Operations Research for Health Care*, 7:52–69, 2015.
- [7] M. Samudra, C. Van Riet, E. Demeulemeester, B. Cardoen, N. Vansteenkiste, and F. E. Rademakers. Scheduling operating rooms: achievements, challenges and pitfalls. *Journal of Scheduling*, 19(5):493–525, Oct 2016.
- [8] D. P. Strum, L. G. Vargas, J. H. May, and G. Bashein. Surgical suite utilization and capacity planning: A minimal cost analysis model. *Journal of Medical Systems*, 21(5):309–322, Oct 1997.
- [9] D. P. Strum, M.D., L. G. Vargas, Ph.D., and J. H. May, Ph.D. Surgical subspecialty block utilization and capacity planning a minimal cost analysis model. *Anesthesiology*, 90(4):1176–1185, 1999.
- [10] J. T. Blake and M. W. Carter. A goal programming approach to strategic resource allocation in acute care hospitals. *European Journal of Operational Research*, 140(3):541–561, 2002.
- [11] G. Ma, J. Beliën, E. Demeulemeester, and L. Wang. Solving the strategic case mix problem optimally by using branch-and-price algorithms. In: Proceedings of the 35th international conference on operational research applied to health services (ORAHS). Leuven, Belgium, 10 pages, 2009.

- [12] G. Ma, J. Beliën, E. Demeulemeester, and L. Wang. Solving the case mix problem optimally by using branch-and-price algorithms. KU Leuven, 33 pages, 2011.
- [13] J. T. Blake, F. Dexter, and J. Donald. Operating room managers' use of integer programming for assigning block time to surgical groups: a case study. *Anesthesia & Analgesia*, 94(1):143–148, 2002.
- [14] J. Vissers, I. J. Adan, and J. A. Bekkers. Patient mix optimization in tactical cardiothoracic surgery planning: a case study. *IMA Journal of Management Mathematics*, 16(3):281–304, 2005.
- [15] J. M. van Oostrum, M. Van Houdenhoven, J. L. Hurink, E. W. Hans, G. Wullink, and G. Kazemier. A master surgical scheduling approach for cyclic scheduling in operating room departments. *OR Spectrum*, 30(2):355–374, 2008.
- [16] J. Beliën, E. Demeulemeester, and B. Cardoen. A decision support system for cyclic master surgery scheduling with multiple objectives. *Journal of Scheduling*, 12(2):147–161, 2009.
- [17] A. Fügener, E. W. Hans, R. Kolisch, N. Kortbeek, and P. T. Vanberkel. Master surgery scheduling with consideration of multiple downstream units. *European Journal of Operational Research*, 239(1):227–236, 2014.
- [18] H. Fei, N. Meskens, and C. Chu. An operating theatre planning and scheduling problem in the case of a "block scheduling" strategy. *2006 International Conference on Service Systems and Service Management*, 1:422–428, 2006.
- [19] D. Min and Y. Yih. An elective surgery scheduling problem considering patient priority. *Computers & Operations Research*, 37(6):1091–1099, 2010.
- [20] F. Li, D. Gupta, and S. Potthoff. Improving operating room schedules. *Health Care Management Science*, 19(3):261–278, Sep 2016.
- [21] C. C. Mateus. Heurísticas para a marcação de cirurgias electivas num hospital público. *Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*, 2016.
- [22] C. Mateus, I. Marques, and M. E. Captivo. Local search heuristics for a surgical case assignment problem. *Operations Research for Health Care*, 17:71–81, 2018.
- [23] I. Marques and M. E. Captivo. Different stakeholders' perspectives for a surgical case assignment problem: Deterministic and robust approaches. *European Journal of Operational Research*, 261(1):260–278, 2017.
- [24] A. R. Ferreira. Otimização dos serviços de cuidados de saúde: planeamento de cirurgias electivas em hospitais públicos. *Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*, 2017.
- [25] B. Cardoen, E. Demeulemeester, and J. Beliën. Optimizing a multiple objective surgical case sequencing problem. *International Journal of Production Economics*, 119(2):354–366, 2009.

- [26] A. Testi, E. Tanfani, and G. Torre. A three-phase approach for operating theatre schedules. *Health Care Management Science*, 10(2):163–172, 2007.
- [27] I. Marques, M. E. Captivo, and M. V. Pato. An integer programming approach to elective surgery scheduling. *OR Spectrum*, 34(2):407–427, 2012.
- [28] I. Marques, M. E. Captivo, and M. V. Pato. Exact and heuristic approaches for elective surgery scheduling. *Proceedings of the CLAIO/SBPO*, pages 3729–3738, 2012.
- [29] I. Marques, M. E. Captivo, and M. V. Pato. Scheduling elective surgeries in a portuguese hospital using a genetic heuristic. *Operations Research for Health Care*, 3(2):59–72, 2014.
- [30] I. Marques, M. E. Captivo, and M. V. Pato. A bicriteria heuristic for an elective surgery scheduling problem. *Health Care Management Science*, 18(3):251–266, 2015.
- [31] I. Marques and M. E. Captivo. Bicriteria elective surgery scheduling using an evolutionary algorithm. *Operations Research for Health Care*, 7:14–26, 2015.
- [32] B. Spratt and E. Kozan. Waiting list management through master surgical schedules: A case study. *Operations Research for Health Care*, 10:49–64, 2016.
- [33] <http://icd9.chrisendres.com/index.php?action=procslist>.